A. hydr. 47 II - 3,1,2 Handbuch.

Der

WASSERBAU.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften III. Band.

In Verein mit

G. Franzius, A. Frühling, H. Garbe, A. Hess, F. Lincke, K. Pestalozzi, J. Schlichting, Ed. Schmitt

bearbeitet und herausgegeben von

L. Franzius, Oberbaudirector in Bremen, und **Ed. Sonne,** Baurath, Professor am Polytechnikum zu Darmstadt.

A. hydr. 382 4

Mit 325 Holzschnitten, vollständigem Sachregister und einem **Atlas** von 68 Zeichnungstafeln.

Leipzig,
Verlag von Wilhelm Engelmann.
1879.
St. Petersburg, bei Jacques Issakoff.

155 D

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

halb befindlichen nur dadurch gesichert, dass man das aus denselben abzutreibende Material in schon corrigirten Flusstrecken weiter leitet. Es kann deshalb ausnahmsweise bei Gebirgsflüssen, wie bei Flüssen der Niederung die Nothwendigkeit eintreten, die Correction in den unteren Strecken zu beginnen.

Bei diesem schrittweisen Vorgehen muss man an denjenigen Stellen, wo wieder begonnen werden soll, an feste Punkte, Felsköpfe, starke Bauwerke und dergl. anlehnen können und dementsprechend mit der oberhalb auszuführenden Baustrecke aufhören. Der Uebergang vom früher regulirten Bette zu dem unterhalb befindlichen, durch Kiesablagerungen erhöhten, ist eine gefährliche Stelle, daselbst brechen die Hochwasser leicht durch die neu angelegten Parallelwerke, bilden hinter denselben einen Strom und dieser schwemmt das abgelagerte Material von denjenigen Stellen weg, an welchen es liegen bleiben sollte. Durch Anlehnen an feste Punkte wird diese Gefahr vermindert. Ausserdem bietet diese Form der Flussrichtung den Vortheil, die Wirkung der ausgebrochenen Hochwasser bei Abschwemmung der Ablagerungen zu beschränken, wenn man bei der Wahl der festen Anlehnungspunkte zwischen der rechten und linken Thalseite abwechselt. Ist z. B. oberhalb *A*, Fig. 17 das Wasser rechts ausgebrochen, so muss es bei *B* durch eine Oeffnung, welche daselbst angebracht ist, wieder zwischen die Parallelwerke gelangen; ebenso bei *C*, wenn es unterhalb *A* links ausgebrochen ist u. s. f. Zöge man dagegen die Parallelwerke in der Mitte des Thales gleichlaufend mit den Seiten desselben, wie durch *M N* und *O P*, Fig. 18 angedeutet ist, so würde z. B. ein Ausbruch rechts zwischen dem rechtseitigen Parallelwerke *O P* und dem Bergabhange *Q R* ein neues ungeregeltes Flussbett bilden und so der Erfolg der Correction verloren gehen. Es wäre demnach die nach *A B C D* Fig. 17 gekrümmte Linie einer vollkommen geraden vorzuziehen. Uebrigens sind die Thalabhänge in der Regel nicht in geraden parallelen Linien, so dass es meistens gelingt, die festen Punkte so auszuwählen, dass die Correctionslinie aus geraden Strecken zusammengesetzt wird.

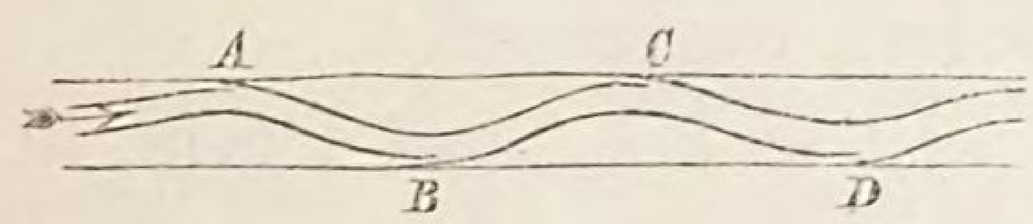
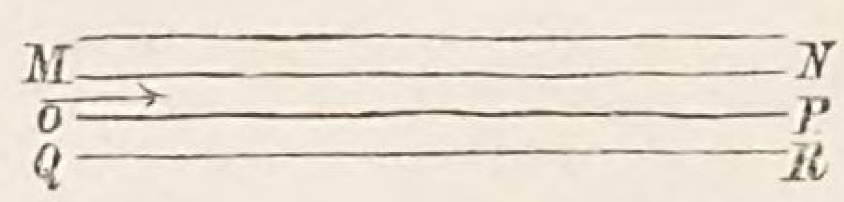
Fig. 17. 

Fig. 18. 

Colmationen. Man muss besondere Sorgfalt darauf verwenden, dass das Material, welches bei der Herstellung des neuen Bettes abgeschwemmt wird, für Erhöhung des Bodens seitwärts zur Verwendung kommt. Um dies zu bewirken, ist es nothwendig, die Parallelwerke zuerst niedrig zu halten und erst allmählich, wenn der Erfolg ein genügender geworden ist, zu erhöhen. Die Sinkstoffanhäufungen gelangen dabei über die Parallelwerke, wie auf S. 554 angedeutet worden ist.

Die Colmationen können auch fortgesetzt werden, nachdem die Ufer über die höchsten Wasserstände erhöht sind, jedoch nicht mehr mit Kies, sondern mit Schlamm, indem man das trübe Wasser weiter oben durch verschliessbare Oeffnungen (Colmationsschleusen) aus dem Flusse nimmt, in einem Canale mit geringerem Gefälle als dasjenige des Flusses weiter leitet und so die Schlammablagerungen bis in die gewünschte Höhe fortsetzt. Auch aus Seitenflüssen kann mit Vortheil trübes Wasser für Erhöhung des Uferlandes herbeigeführt werden.

Bei den Colmationen, welche im Anschluss an die Regulirung der Gebirgsflüsse vorkommen, sind somit zwei Perioden zu unterscheiden. Die erste gehört der Correction selbst an, indem man zuerst die aus dem oberen, schon corrigirten Theile abgeschwemmten Sinkstoffmassen im unteren, noch nicht corrigirten ablagert, dann

bei beginnender Correction die Parallelwerke und Traversen nur allmählich erhöht und so die Sinkstoffablagerungen fortsetzt. Die zweite Periode beginnt, wenn die Parallelwerke über das Niveau des Hochwassers erhöht sind. Die weitere Erhöhung der Thalsohle geschieht nun nicht mehr in grossen Massen. Es muss nur eine für die Cultur geeignete Schicht abgelagert werden. Das Nähere über diese Art Colmationen findet man in Cap. XII, § 24 bis 27.

§ 13. Construction der Parallelwerke. Die Einschränkung des Profiles eines Gebirgsflusses hat immer eine Senkung der Sohle zur Folge, die unter Umständen, wenn die Parallelwerke über hohe Kiesbänke weggeführt werden, eine ganz bedeutende ist. Das Maass der Einsenkung kann nur annähernd zum Voraus bestimmt werden. Selbst wenn das Niveau der zukünftigen Flussohle genau bekannt wäre, könnte man doch nicht Regulirungsbauten mit festen Fundamenten bis in die gegen Unterspülungen gesicherte Tiefe anwenden. Die Kosten würden viel zu gross. Es entspricht der Natur des Gebirgsflusses viel besser, wenn man für die Parallelwerke bewegliche, dem Boden bei seinen Veränderungen sich leicht anschmiegende Constructionen verwendet, unter diesen leisten die Gumppenberg'schen Sinkwalzen (s. Cap. IX, § 9) die besten Dienste. Mit gleich gutem Erfolge wie in der Wertach, Isar und Donau sind dieselben in den schweizerischen Gebirgsflüssen Aar, Emme, Thur u. A. verwendet worden. Die Furcht, es möchten die eckigen Sinkstoffe die Faschinen vor der Zeit zerstören, war nicht begründet; sie haben sich während der Dauer, die man von ihnen verlangt, gut gehalten.

Man hat bei Verwendung der Sinkwalzen in Gebirgsflüssen in der Linie der zukünftigen Ufer in den Kiesbänken zuerst einen Graben ausgehoben und in der Regel drei Sinkwalzen, unten zwei nebeneinander, die dritte darauf, gelegt. Neben denselben bildet sich in Folge der Ausspülung eine Böschung, die Walzen rutschen auf dieselbe hinab und kommen alle drei nebeneinander zu liegen, sobald die Böschungsoberfläche Raum genug für sie hat. Allfällige Lücken, welche beim unregelmässigen Einsinken entstehen, werden mit Steinen ausgeworfen.

Zuweilen rutschen die Sinkwalzen zu weit in den Fluss hinein. Um dies zu verhindern, muss man sie durch Pfähle festhalten. Man darf indess dieses Mittel nur im Nothfall in Anwendung bringen, denn die Pfähle hindern das regelmässige Nachsinken der Parallelwerke.

Die Sinkwalzen haben ihren Zweck erfüllt, wenn Gleichgewicht in der Sinkstoffführung eingetreten und die Flussohle bis in die natürliche Tiefe ausgespült ist. Nachher werden die Ufer durch geeignete Deckwerke gesichert. Meistens kann man hierzu starke Steinpflasterung mit Vortheil verwenden. Wo dieses Material nicht leicht herbeizuschaffen ist, können Flechtzäune am Fuss der Böschung mit Faschinenwerken darüber (s. Cap. IX, § 9 u. 10) genügen, wenn die Sinkstoffe nicht gar zu gross sind. Unter günstigen Umständen wachsen die Sinkwalzen aus und können, wenigstens theilweise als bleibende Uferversicherung dienen.

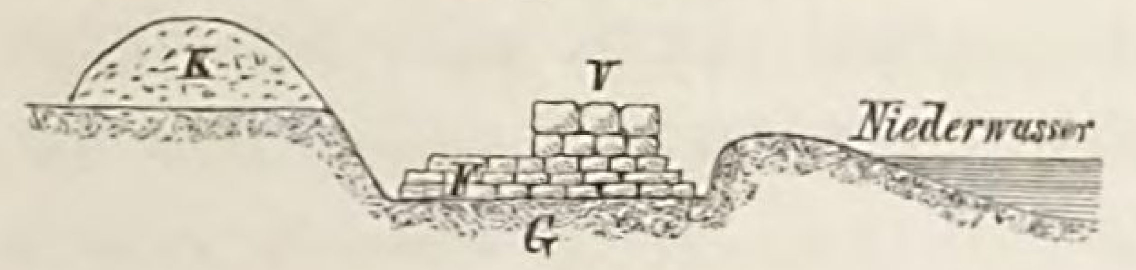
Kiesdämme, welche durch Steinwurf und Pflasterung gesichert sind, (siehe Elbregulirung in Sachsen, Taf. XXIX, Fig. 16 und Fig. 7 u. 8, Taf. XXX) können als Parallelwerke an Gebirgsflüssen verwendet werden; allein sie erfordern eine sorgfältige Unterhaltung der Sicherung des Fusses auf der Flusseite, dürfen demnach nicht einsinken, die Pflasterung muss unverändert bleiben. Die Böschung, welche bei Senkung der Flussohle entsteht, muss durch Nachwerfen von Steinen so

versichert werden, dass die Steinvorlage das Parallelwerk beständig vor Unterwaschung sichert.

Am St. Gallischen Rheinufer versichert man den Fuss der Parallelwerke mit einem Faschinenfundamente.

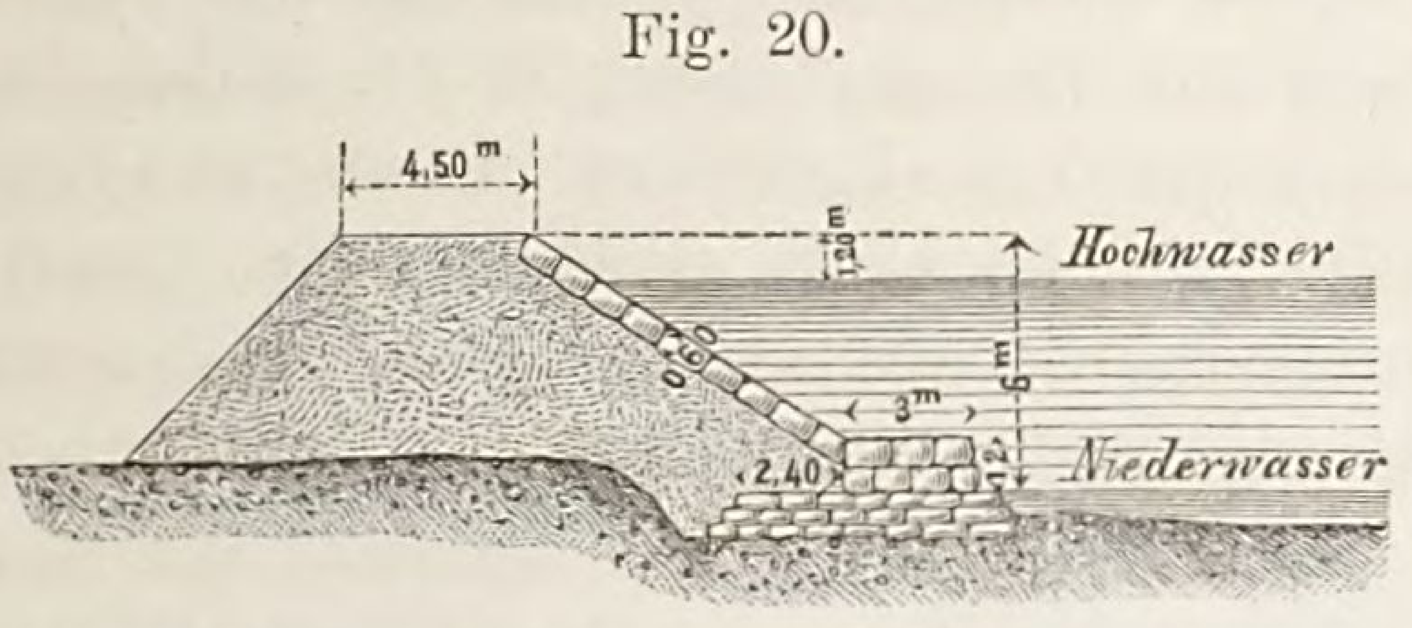
Zuerst hebt man, s. Fig. 19 einen Graben *G* aus und aus dem Aushub wird ein Kiesdamm *K* erstellt, welcher als Parallelwerk dient. Er ist nicht sehr widerstandsfähig, wird theilweise wieder fortgespült, bewirkt aber doch neben dem Flussbette Ablagerungen. Im Graben *G* wird das Faschinenfundament *F* und auf demselben aus Trockenmauerwerk die Versicherung des Dammfusses *V*, die man Vorgrund nennt, angebracht.

Fig. 19.



Der Vorgrund wirkt schon für Vertiefung der Flussohle. Diese Wirkung wird später durch Vervollständigung des Dammes und Sicherung seiner Vorderseite durch eine 0m,60 dicke Steinpflasterung, siehe Fig. 20, vermehrt. Bei der Vertiefung des Flussbettes sinkt der Vorgrund ein und erhält die Form eines unregelmässigen Steinwurfes, wird aber durch das Faschinenfundament so gut zusammengehalten, dass die Sicherung des Bauwerkes eine vollständige ist. Nur in seltenen Fällen wird eine nachträgliche Verstärkung nothwendig.

Fig. 20.



Zur Beförderung der Sinkstoffablagerungen hinter den Parallelwerken werden an denselben Traversen angebracht (s. Cap. IX, § 5). Es können hierzu unter Umständen einfache Flechtzäune genügen, müssen aber je nach der Stärke der Hochwasserströmung, die sie zu brechen haben, widerstandsfähiger construirt werden. Da, wo Steine für die Parallelwerke verwendet werden, dient meistens in ähnlich ausgeführten Constructionen dasselbe Material auch für die Traversen.

Rhonecorrection im Canton Wallis. Eine besonders wichtige Rolle bilden die Traversen in dem bei der Rhonecorrection angewendeten Systeme, dessen Normalplan in Fig. 16 und 17, Taf. XXXIII angegeben ist. Dieselben sind in Entfernungen von 30 zu 30m angelegt und stark gegen den Fluss geneigt. Ihre Krone schliesst oben an diejenige eines Paralleldammes 0m,60 über dem höchsten Wasserstande an. Am Ende dieser Traversen befinden sich starke Steinköpfe, je mit 7 Pfählen festgehalten. Mit an dieselben anschliessenden, ungefähr 8m langen Flügeln ersetzen sie das Parallelwerk. Es stehen je zwei solcher Werke, die man in ihrer Gesammtheit als Buhnen betrachten kann, einander gegenüber. Die Normalbreite zwischen den Steinköpfen ist, den Zuflüssen entsprechend, vergrössert. Sie beträgt oberhalb Visp 36m und in der untersten Strecke an der Ausmündung in den Genfer See 60m.

Dieses Bausystem hat sich an der Rhone gut bewährt, obwohl es im Allgemeinen für Gebirgsflüsse nicht empfohlen werden kann. Es ist zu starr und zu steif, um sich an das neu gebildete Flussbett anzuschliessen, auch können die über den Flügeln vorstehenden Köpfe zu Gegenströmungen Anlass geben. Man hat auch in der Schweiz und anderwärts die Erfahrung gemacht, dass kurze Buhnen, welche, wie jene Köpfe vor Böschungen oder Parallelwerken herausragen, diese Werke, statt sie zu schützen, gefährden.

§ 14. Ableitung der Binnengewässer. Wir haben gesehen, dass es nicht immer möglich ist, die Thalsohle über das Niveau der höchsten Wasserstände der Gebirgsflüsse zu erhöhen, so dass man das niedrig gelegene Binnenland durch Deiche gegen Ueberschwemmungen schützen muss. Wo dies der Fall ist, können bei Hochwasser die Seitengewässer nicht mehr direct einmünden. Unbedeutende Bäche kann man durch mit Thoren oder Schützen verschliessbare Oeffnungen bei kleineren Wasserständen in den Fluss leiten. Steht das Wasser hoch, dann bleibt die Ausflussöffnung verschlossen. Das dauert aber nie lange und desshalb kann man an vielen Orten die Ueberschwemmungen, welche die Seitenbäche verursachen, auf Stellen beschränken, wo sie nicht schaden.

Die Oeffnungen in den Deichen sind gefährliche Stellen, an welchen leicht Dammbrüche entstehen. Man muss desshalb diese Ableitungsweise wenn möglich vermeiden, namentlich wenn die Seitengewässer zahlreich oder gross sind. In diesem Falle muss man sie an Uferstellen leiten, welche höher sind als die höchsten Hochwasserstände. Nicht immer findet sich indess eine Bodenerhöhung in der Nähe, das Binnenland dehnt sich oft auf grosse Strecken längs dem Flusse aus. Dann muss man die sämmtlichen Gewässer desselben in einem mit dem Fluss gleichlaufenden Canale sammeln. Dieser Binnencanal erhält ein kleineres Gefälle als der Fluss und zwar so, dass an einer für die Einmündung geeigneten Stelle die Hochwasser beider übereinstimmen.

Man sollte wo möglich die Einmündungen der Binnencanäle an feste Punkte *A B C D*, Fig. 17, S. 561 anlehnen, weil dieselben an Stellen, woselbst die Ufer so niedrig sind, dass die Ueberschwemmungsdeiche eine Strecke weit vom Flusse canalaufwärts geführt werden müssen, leicht zu Dammbrüchen Anlass geben können.

§ 15. Sinkstoffablagerungen in Seen. — Einmündung der Seitengewässer. Grundsätzlich in ähnlicher Weise, wie es bei den Wildbächen gezeigt worden ist, kann man unter Umständen den Lauf von Gebirgsflüssen durch Ablagerung der Sinkstoffe an unschädlicher Stelle verbessern. Wir haben früher gesehen, wie es möglich ist, durch Veränderung des Profils die Sinkstoffe in einer Schlucht zurückzuhalten, noch günstiger aber gestalten sich die Verhältnisse, wenn das sämmtliche Material in einem See abgelagert werden kann.

Beispiele hierfür sind die Linthcorrection und die Aarcorrection bei Aarberg.

Die Linth floss früher direct in den Züricher See. Oberhalb desselben war das versumpfte Ablagerungsgebiet. Durch Ableitung in den Wallensee ist nun der Fluss gezwungen seine Sinkstoffe dort unschädlich abzulegen und der neue Abfluss vom Wallensee in den Züricher See ist tief genug, um die Gegend zu entsumpfen. Eine Erhöhung der Flussohle kann nicht mehr stattfinden, weil das Seewasser keine Sinkstoffe mitbringt.

Aehnlich sind die Verhältnisse an der Aar, deren Ablagerungsgebiet bei Aarberg ebenfalls versumpft ist. Durch Ableitung in den Bielersee erreicht man unschädliche Ablagerung der Sinkstoffe und Senkung des Wasserspiegels unterstützt durch eine Tieferlegung des Sees, welche durch Ausbaggerung des Ausflusses bleibend erreicht wird, weil in Zukunft keine Sinkstoffe mehr in diesen Theil des Aarlaufes gelangen können.

Auch im Uebrigen kann die Correction der Aar zwischen Thun und Uttigen, s. Fig. 18 u. 19, Taf. XXXIII als ein lehrreiches Beispiel einer Gebirgsfluss-Regulirung bezeichnet werden.

In einer Strecke von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Km von Thun abwärts befand sich die Aar schon früher in einem ziemlich geregelten Zustande, so dass es möglich war, an das normale Flussbett oberhalb der Zulgmündung die Parallelwerke gut anzuschliessen.

Die Correctionslinie fand ihre festen Anschlusspunkte an einem zum Schutze der Eisenbahn gebauten Werke *W*, Fig. 18 am linkseitigen Ufer, bei Thungschneit am rechtseitigen Ufer und wird bei der Fortsetzung der Regulirung unterhalb Uttigen wieder links an felsiges Ufer anschliessen. Es ist demnach vollständig den Forderungen für eine zweckmässig gewählte Linie entsprochen, welche auf Seite 561 besprochen sind. Dazu kommt, dass zwischen Thungschneit und Uttigen die Brückenwiderlager beidseitig feste Anlehnung bieten.

Die Parallelwerke bestehen auf jeder Seite aus drei Gumppenberg'schen Sinkwalzen von $0^m,90$ Durchmesser, mit $0^m,15$ dicker Faschinenumhüllung und Füllung mit faustdicken Steinen. Dieselben genügten da, wo die Linie alten Giessen und niedrigen Kiesbänken folgt. An einzelnen Stellen waren Durchstiche nöthig, der grösste für Durchschneidung des Schuttkegels der Zulg. Der Leitcanal auf $\frac{1}{4}$ der Durchstichsbreite ist seitwärts angebracht. Dabei hat die Abschwemmung in vollständig befriedigender Weise stattgefunden. Für Absperrung des alten Flussbettes sind Packwerkdämme in Anwendung gekommen.

Als Normalsohlenbreite hat man oberhalb der Zulgmündung 33^m, unterhalb 40^m angenommen, bei einem durchschnittlichen Gefälle von 2,6 pro mille im ungeregelten Flusslaufe und einer Maximalwassermenge der Aar von 400 kb^m, der Aar und Zulg zusammen von 500 kb^m per Secunde. Die Minimalwassermenge beträgt in der Aar 20 kb^m, in der Zulg 1 kb^m per Secunde.

Die Einmündung der Seitengewässer darf bei Gebirgsflüssen nicht unter einem so sehr spitzen Winkel stattfinden, dass dadurch eine Erweiterung des Bettes im Hauptflusse bedingt ist, weil durch diese Erweiterung die Stosskraft vermindert würde, und zwar gerade an derjenigen Stelle, wo der Fluss derselben, wegen der neu hinzugekommenen Sinkstoffe, besonders bedarf. Ferner lagert ein ganz spitz einmündender Seitenbach seine Sinkstoffe am Ufer ab, ein weniger spitz einmündender dagegen wirft dieselben in die Mitte des Hauptflusses an Stellen, wo die Geschwindigkeit, demnach die Stosskraft grösser ist, hinaus. Für die Weiterführung der Sinkstoffe ist es sehr gut, wenn die Sohle an der Ausmündung des Seitengewässers etwas höher gelegt werden kann, als diejenige des Hauptflusses.

Diesen Bedingungen entsprechend, mündet die Zulg unter einem Winkel von 50^0 ein und ihre Sohle liegt um $1^m,50$ über dem ursprünglichen Aarbett.

Die Normalsohlenbreite der Zulg ist zu 15^m festgesetzt, das Gefälle in der corrigirten Strecke beträgt 12,7 pro mille.

Die Aarcorrection ist nicht in einem Mal, sondern successive von oben herunter ausgeführt worden und man hat Sinkstoffablagerungen auf denjenigen Theilen des Bettes, welche man verlassen wollte, dadurch mit vollständigem Erfolge bewirkt; auch geht die Ausgleichung und Vertiefung der Flussohle in dem neuen corrigirten Flussbette in unerwartet befriedigender Weise vor sich. Diese Vertiefung würde bis zum See hinauf zurückwirken, wenn nicht Localverhältnisse dazu zwängen, unten an der Stadt Thun vorläufig durch ein provisorisches Stauwerk, später durch ein definitives Wehr für die Strecke durch die Stadt bis zum See der Vertiefung halt zu gebieten.

Der Bau wurde im Winter $18^{71}/_{72}$ begonnen und im Winter $18^{75}/_{76}$ bis zu der Eisenbahnbrücke bei Uttigen in der Hauptsache vollendet. Die Vertiefung der Sohle

dauert jetzt (1878) noch fort. — Es zeigt sich deutlich, wie das Gefälle von den vorhandenen Sinkstoffen abhängig ist.

Die Aar kommt bei Thun aus dem See und bringt folglich von dort her keine Sinkstoffe, sie muss nur ihr Bett in den früheren Ablagerungen der Kander und der Zulg ausspülen und bedarf hierzu eines bestimmten Gefälles, welches die Strömung sich selbst ausbildet.

Die Zulg bringt grosse Sinkstoffmassen, welche die Aar weiterführen kann, aber sie bedarf dazu eines grösseren Gefälles (s. Seite 555) und bildet sich dasselbe in der That selbst aus.

Ein Blick auf das Längenprofil Fig. 19, Taf. XXXIII zeigt, dass dieser Gefällsbruch schon früher im ungeregelten Flusse bestand und nach Vollendung der Bauten schon im Januar 1876 zeigte er sich wieder, trotz der Ablagerungen bei der Uttiger Brücke, welche als vorübergehend zu betrachten sind, denn oberhalb der Zulg beträgt das Gefälle 1,6 pro mille, unmittelbar unterhalb derselben 2,8 pro mille, mehr abwärts gegen das Ablagerungsgebiet hin 2,1 pro mille. Spätere Untersuchungen lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass nach vollständiger Ausbildung des Flussbettes, das Gefälle oben an der Zulgmündung 1,96 pro mille, unterhalb 2,30 pro mille betragen werde.

Die Sinkwalzen folgen in befriedigender Weise der Vertiefung und wirken zum Theil bleibend als Uferversicherung. Im Uebrigen werden die Böschungen mit Bruchsteinen gepflastert.

Der Kostenanschlag wurde von dem bauleitenden Ingenieur Herrn J. Zürcher im Jahr 1870 angefertigt. Damals betrug in der Gegend von Thun der Taglohn eines Erdarbeiters 1 M. 60 Pf. und 1 kb^{m} Bruchsteine kostete 5 M. 35 Pf. Seither haben sich diese Preise gesteigert und eine Ueberschreitung veranlasst. Bei gleichen Preisen wären die Kosten unter dem Anschlag geblieben. Der Kostenanschlag lautete (s. Allg. Bauz. 1876):

A. Aar-Correction. I. Abtheilung 1500^{m} lang.

	Mark	Mark
Erdarbeiten.		
Ausgrabung der Fundamente und des Leitcanals 49000 kb^{m} à 40 Pf. . . .	19600	
Planie der Dämme 1500 lauf. Meter à 1,85 M.	2775	
		22375
Uferbauten.		
Uferwehren mit Steinpflasterung und 3 Sinkwalzen 2535 lauf. Meter à 18,17 M.	47404,50	
Uferwehren mit Steinpflasterung, 3 Sinkwalzen und Packwerkrückwand 270 lauf. Meter à 29,50 M.	7965	
Absperrwerke 120 lauf. Meter à 53,40 M.	6480	
Ueberfallswehr für die Zulg 36 lauf. Meter à 66,50 M.	2394	
		64243,50
Unvorhergesehenes und Landentschädigung		17381,50
Total für die I. Abtheilung		104000
II. Abtheilung 1200^{m} lang mit denselben Einheitspreisen		83000
III. Abtheilung 1140^{m} lang		60000
B. Zulg-Correction		26000
Ganze Voranschlagssumme		273000

Literatur.

1. Eberenz. Wasserbaukunst an reissenden Flüssen. Freiburg i/Br. 1767.
2. Fabre. Essai sur la théorie des torrents et des rivières. Paris. 1797.
3. Lecreulx. Recherches sur les rivières. Paris 1804.
4. Duile. Verbauung der Wildbäche. Innsbruck. 1834.
5. La Nicca. Die Unternehmungen der Rheincorrection im Canton Graubünden. Zürich. 1839.
6. v. Gumppenberg-Pöttmes. Der Wasserbau an Gebirgsflüssen. Augsburg 1854.
7. F. Müller. Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen. Landshut. 1857.
8. Culmann. Bericht an den schweizerischen Bundesrath über Untersuchung der schweiz. Wildbäche Zürich. 1864.
9. 3 Berichte an den schweiz. Bundesrath über Untersuchung der schweiz. Hochgebirgswaldungen in den Jahren 1858—1860. Bern. 1860. 1861. 1862.
10. Der Binnenflussbau im Grossherzogthum Baden. Carlsruhe. 1863.
11. Mémoires sur les barrages de retenue de gravier par Philippe Breton. Paris. 1867.
12. Legler. Hydrotechnische Mittheilungen Glarus. 1868.
13. Expertenbericht über die Ursache der Ueberschwemmungen im Jahre 1868 und über den Betrag des Schadens in den Cantonen Uri, St. Gallen, Graubünden, Tessin und Wallis. Bern. 1869.
14. Alexandre Surell. Étude sur les torrents des hautes Alpes.
15. Eingabe der Regierung des Cantons Graubünden an den schweiz. Bundesrath über die Nolla-Verbauung. Chur. 1870.
16. v. Salis. Bericht über die Verbauung des Glenners und grösserer Flüsse im Allgemeinen. Chur. 1870.
17. A. Hess. Correction der Wildbäche. Halle. 1876.
18. Michel Costa de Bastelica. Les torrents des hautes Alpes.
19. Études sur les torrents des hautes Alpes par Scipion Gras. Annales des ponts et chaussées. 1857.
20. Kink. Parere sul modo di rendere innocui i torrenti esistenti nelle valli laterali fra Gmund e Trento. Trento. 1871.
21. Dünkelberg. Culturtechnische Skizze. Innsbruck. 1873.
22. Correction der Donau im Regierungsbezirk Schwaben und Neuburg. Dillingen. 1874.
23. Die Flussregulirung in Schlesien. Troppau. 1874.
24. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins. 1871.
25. Deutsche landwirthschaftl. Zeitung. 1873. 1874.
26. Allgem. Bauzeitung. 1873. 1876.
27. W. Fraisse. Notice sur la Correction du Rhin. Lausanne. 1868.

XI. Capitel.

Deiche.

Bearbeitet von

H. Garbe,

Königl. Baurath, Lehrer für Wasserbau am Polytechnikum zu Hannover.

(Hierzu Tafel XXXIV bis XXXVI und 19 Holzschnitte.)

§ 1. Fluss- und Seedeiche. Zweck der Deiche. Marsch. Geest. Polder. Deiche sind Erddämme, welche an den Flüssen und an der Seeküste angelegt werden, um die Hochgewässer der Flüsse bezw. die höheren Fluthen des Meeres von den niedrigen Grundstücken fern zu halten oder zu „kehren". Die Deiche sind hiernach entweder Flussdeiche oder Seedeiche.

Im unteren Laufe derjenigen Flüsse, in welche die Fluth des Meeres eindringt, findet thatsächlich ein allmählicher Uebergang der Seedeiche in die Flussdeiche statt, wobei indessen diejenigen Deiche, vor denen die höchsten Wasserstände ausschliesslich oder überwiegend durch die Meeresfluthen hervorgerufen werden, als Seedeiche, dagegen diejenigen, für welche das Oberwasser des Flusses maassgebend ist, als Flussdeiche anzusehen sind.

Der Zweck der Deiche ist in erster Linie auf die landwirthschaftliche Verbesserung, die sog. Melioration, der eingedeichten Niederung gerichtet. Letztere soll

1. zu einer geregelten, ungestörten Bewirthschaftung, namentlich zum Anbau von Getreide und anderen Culturgewächsen, welche eine Ueberschwemmung nicht ertragen können, eingerichtet werden, um höhere und sicherere Erträge zu erzielen als die Grasgewinnung aus Wiesen und Weiden gewährt,
2. den Beschädigungen entzogen werden, welche bei einer heftigen Ueberströmung durch Hochwasser oder Hochfluthen erfolgen, indem Theile des cultivirten Landes fortgespült, Löcher oder selbst neue Rinnen eingerissen und — bei Flussdeichen — Ablagerungen von Sand und Gerölle veranlasst werden,
3. vollständiger entwässert,
4. in Betreff der Bewohnbarkeit verbessert werden.

Ferner haben die Flussdeiche, wie dies bereits im IX. Capitel hervorgehoben, für die Regulirung der Flüsse eine grosse Bedeutung. Indem sie das Hochwasser zusammenhalten, verhindern sie, dass sich der Hochwasserstromstrich in Richtungen ausbildet, welche zwar grosses relatives Gefälle und geringen Bewegungswiderstand

darbieten, aber von dem gewöhnlichen Flusschlauche abweichen, wodurch Versandungen, Uferabbrüche und Verwilderungen entstehen würden; die Deiche bilden daher in vielen Fällen ein wichtiges Glied in den Regulirungsanlagen eines Flusses.

Im nördlichen Deutschland nennt man die aus den Alluvionen der Flüsse und der See entstandenen, ebenen Niederungen „Marschen"; im Gegensatze zu denselben heisst der sandige Höhenrand, welcher über den höchsten Wasserständen gelegen ist und an den Flussmündungen und der See früher die Begrenzung der letzteren bildete, die „Geest". Der fruchtbare, hauptsächlich aus Thon mit Sandbeimischungen bestehende Boden der Marsch wird Klai genannt und ist in der Nähe der See am mächtigsten und thonreichsten. Zwischen der Marsch und der Geest liegen oft im unteren Laufe der Flüsse und namentlich dort, wo der Geestrand weit zurückspringt, Moorflächen, sog. Randmoore. Polder nennt man im Allgemeinen alle Flächen, welche mit Deichen zur Abwehrung der hohen Wasserstände der Flüsse (Strompolder) und der See (Seepolder) umgeben sind, doch wird der Name in Deutschland hauptsächlich an der See und zwar für die jüngeren eingedeichten Flächen, sowie für diejenigen Niederungen gebraucht, welche ihrer tiefen Lage wegen einer künstlichen Entwässerung mittelst Schöpfmaschinen bedürfen und innerhalb der übrigen, höher gelegenen Marsch besonders umdeicht sind, um vor dem fremden Wasser der letzteren geschützt zu werden. Bildete die Niederung vor der Einpolderung eine seeartige, tiefe Wasserfläche, so nennt man sie in den Niederlanden und der benachbarten deutschen Küste „Meer". Solche trocken gelegte Meere finden sich namentlich in den Provinzen Nord- und Südholland.

A. Flussdeiche.

§ 2. Eintheilung der Flussdeiche. Flussdeiche sind entweder Winterdeiche (Hauptdeiche, Banndeiche), welche die höchsten, überhaupt zu erwartenden, in der Regel im Frühjahre zur Zeit des Schneeschmelzens eintretenden Wasserstände kehren sollen oder Sommerdeiche, welche den Grundstücken nur Schutz vor den während der Sommerzeit gewöhnlich vorkommenden Hochwasserständen gewähren, dagegen von dem höheren Wasser überfluthet werden.

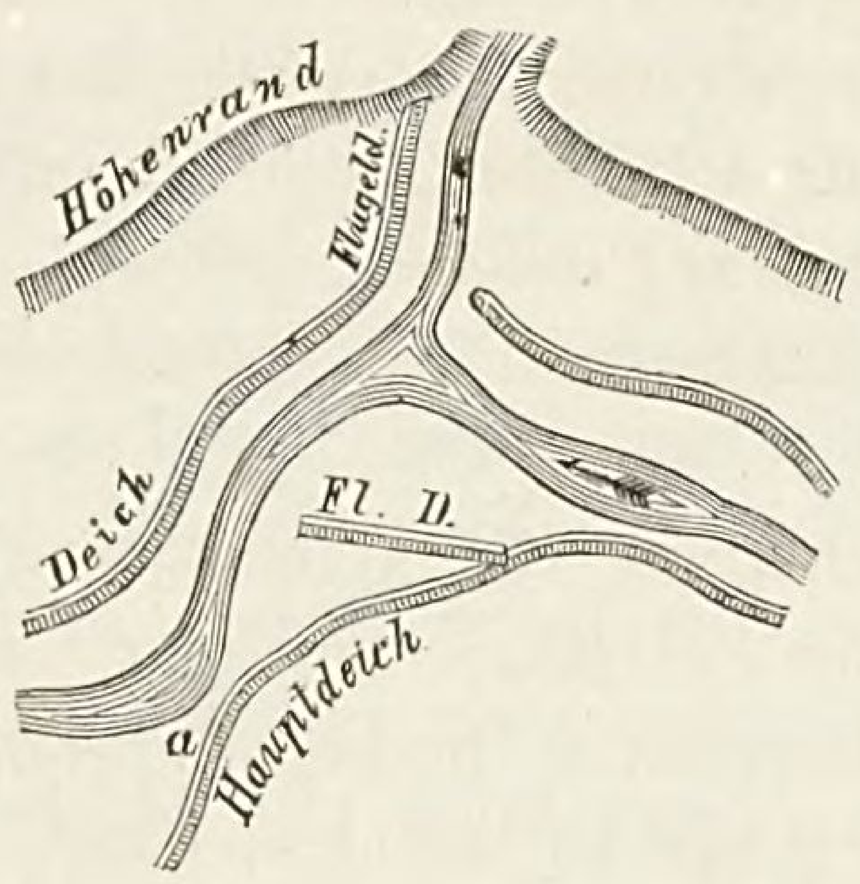
Die Sommerdeiche erfüllen also nicht vollständig die im Landescultur-Interesse an Deiche überhaupt zu stellenden Forderungen, sind aber wegen ihrer geringeren Dimensionen weit billiger in der Anlage und Unterhaltung und die Ländereien werden den fruchtbringenden und erhöhenden Ueberschlickungen der Hochgewässer nicht ganz entzogen, so dass die aus der Entziehung des Schlicks hervorgehenden Nachtheile der Winterdeiche (vergl. § 3) nur zum Theil eintreten können. Die Sommerdeiche werden gewöhnlich im Anschlusse an schon bestehende Winterdeiche hergestellt, indem sie Vorländer der letzteren schützen; sie finden sich alsdann nicht in ganzer Erstreckung vor den Winterdeichen, sondern nur in soweit, als die Vorländer eine grosse Breite besitzen. Nur selten kommen die Sommerdeiche allein ohne Winterdeiche vor.

Ferner unterscheidet man geschlossene und offene Deiche. Die ersteren schliessen sich an hochwasserfreie Höhen, so dass die Niederung den gewünschten Schutz von allen Seiten erhält und sind die fast ausschliesslich vorkommenden Anlagen. Die offenen Deiche enthalten grosse Lücken, sie gewähren keinen Schutz vor Ueberschwemmung, halten vielmehr nur die Strömung mit ihren nachtheiligen Sand- und Geröllablagerungen sowie Bodenbeschädigungen von den Ländereien ab und erfüllen im Wesentlichen nur die Bedingungen, welche vom Standpunkte der Flussregulirung an die Deiche zu stellen sind.

Die offenen Deiche werden hauptsächlich an den scharfen Krümmungen der Flüsse angelegt, wo die Gefahr, dass sich ein besonderer Hochwasserstromstrich und beim Zusammentreffen günstiger

Umstände selbst ein neuer Flusslauf ausbilden könne, in besonders hohem Grade vorhanden ist; das Wasser strömt allerdings am unteren Ende einer solchen offenen Deichstrecke, auch wenn der Deich daselbst flach in das Ufer ausläuft, lebhaft ein und ruft leicht Ausspülungen und Versandungen hervor, weshalb solche Deiche oft im Laufe der Zeit immer weiter verlängert worden sind. Ferner sind Winterdeiche mit grösseren Lücken auch an solchen Gebirgsflüssen angelegt, bei denen man die Verheerungen des sich bei einem Durchbruche in die Niederung mit Heftigkeit stürzenden Stromes wegen des grossen relativen Gefälles des Flusses besonders fürchtete, aber doch die befruchtende Wirkung des sich rückwärts über das Gelände ausbreitenden Hochwassers nicht entbehren wollte; durch Flügeldeiche (s. nebenstehende Fig. 1, oben), oberhalb deren dann gewöhnlich die Nebengewässer einmünden, wird verhindert, dass sich das Hochwasser hinter den Deichen durch die Niederung bewegt.

Fig. 1.



Rückdeiche oder Rückstaudeiche erstrecken sich längs eines Nebenflusses und zuweilen in grösserer Entfernung von dem Flusschlauche desselben, um das von dem Hauptflusse zurückstauende Hochwasser von der Niederung fern zu halten, siehe Fig. 12, Taf. XXXIV; sie müssen bei geschlossenen Deichanlagen angelegt werden, falls der Nebenfluss so bedeutende Wassermengen zuführt, dass eine Sielanlage im Hauptdeiche nicht zweckmässig erscheint.

Die Rückstaudeiche schliessen sich, falls nicht etwa hochwasserfreie Höhen als Verbindungsglied auftreten, an der Mündung des Nebenflusses unmittelbar an den Hauptdeich und erhalten die Höhe des letzteren; nach oberhalb steigt der für die Deichhöhe maassgebende Hochwasserspiegel in der Regel mit geringem Gefälle an, indem das Hochwasser des Hauptflusses gewöhnlich so lange Zeit andauert, dass nach der Ausfüllung des Thales das Wasser des letzteren ein, wenn auch sehr geringes Gefälle consumirt. Es kommen jedoch auch Fälle vor, wo die maassgebende Hochwasserlinie nach oberhalb abfällt und wird es sich dann oft empfehlen, statt der hohen Rückdeiche niedrigere, allein nach den Wassermengen und Wasserständen des Nebenflusses bestimmte Deiche anzulegen und den letztern durch eine im Hauptdeiche erbaute Sielanlage in den Hauptfluss einzuführen.

Binnendeiche schützen die Niederung gegen das Hochwasser solcher Gewässer, welche vom rückwärts liegenden Lande kommen; auch werden diejenigen Deiche ebenso genannt, welche die zu einer Hauptwasserschaft gehörenden Flächen zu grösserer Sicherheit in einzelne Abtheilungen trennen.

Schaar- oder Gefahrdeich nennt man an einem Flusse denjenigen Deich, vor dem sich kein genügend breites Vorland findet, der also den Angriffen der Strömung unmittelbar ausgesetzt ist; vergl. die mit *a* bezeichnete Stelle des Holzschnitts Fig. 1 und Fig 13, Taf. XXXIV. Ein Schaardeich bedarf nicht allein einer besonders guten Sicherung der Aussenböschung, sondern es muss das schmale Vorland durch Uferdeckwerke oder Buhnen vor dem ferneren Abbruche geschützt und durch Regulirung des Flusses thunlichst auf Ausbildung des Vorlandes hingewirkt werden, um die erheblichen Unterhaltungskosten des Schaardeiches und die mit demselben verbundenen Gefahren zu beseitigen.

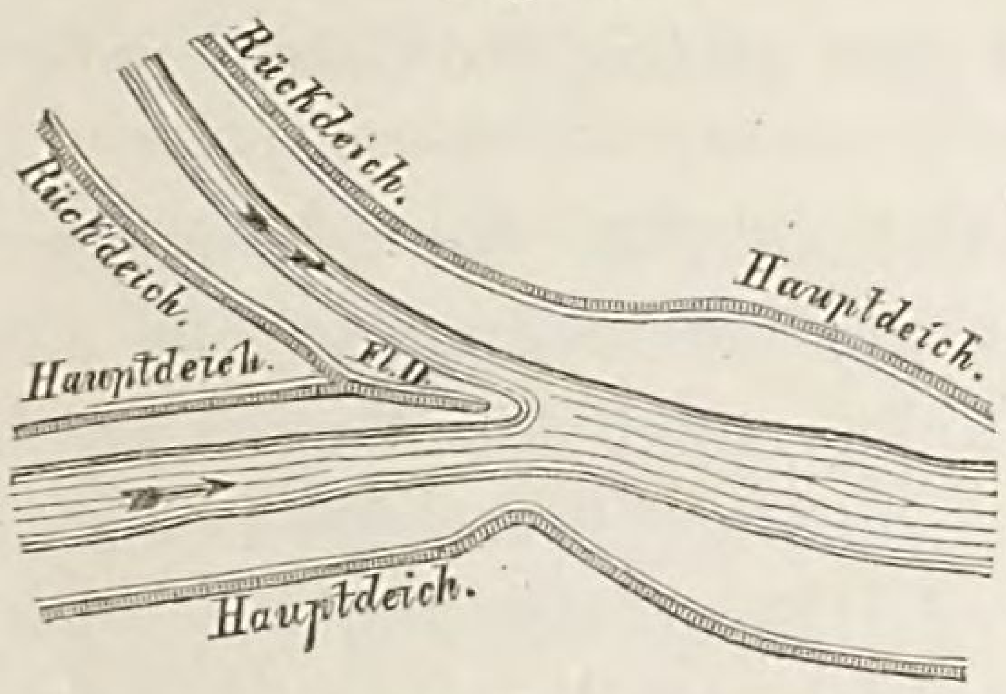
Schlafdeiche sind alte, hinter dem Hauptdeiche liegende Deiche, welche in früheren Zeiten, ehe der neue Hauptdeich geschüttet wurde, den Schutz der Niederung bewirkten.

Flügeldeiche sind kurze Deiche, welche im Anschlusse an den Hauptdeich hauptsächlich in den folgenden Fällen vorkommen:

1. Bei vorspringenden Deichecken, indem sie bis zum Vorlande in geringer Länge hinabgeführt und auf der Oberwasserseite abgepflastert sind, um den Stoss des Eises aufzunehmen.

2. Als Dämme, welche von dem Hauptdeiche aus in declinanter Richtung und gewöhnlich in geringer Höhe auf einem Theile des Vorlandes (selten bis an die Stromrinne) geführt sind, um niedrigere Theile des Vorlandes vor heftiger Durchströmung zu schützen, (vergl. Holzschnitt Fig. 1, S. 570); namentlich finden sie sich, falls alte verlassene Flussarme vorhanden sind, deren erneute Ausbildung zum Hauptarme und in Verbindung damit ein stärkerer Angriff des Hauptdeiches gefürchtet wird. Sind Flügeldeiche der letzteren Art von erheblicher Länge und weit niedriger als der Hauptdeich, so nennt man sie wohl Leitdämme.

Fig. 2.



3. Oberhalb der Einmündung von Nebenflüssen, um eine Vereinigung der beiden Flüsse unter spitzem Winkel auch zu Hochwasserzeiten herbeizuführen, mithin Versandungen möglichst zu verhüten (siehe nebenstehende Fig. 2) und auch den Rückstau, welcher alsdann nur von dem weiter stromabwärts gelegenen Endpunkte des Flügeldeiches eintreten kann, zu mässigen.

In allen Fällen wird durch die Flügeldeiche eine Beschränkung des Hochwasserprofils herbeigeführt, welche nicht über ein gewisses Maas gestattet werden darf, ohne nachtheiligen Aufstau, Versandungen, Eisstopfungen und sonstige Unregelmässigkeiten hervorzurufen; ferner sind die Flügeldeiche selbst stark exponirt.

§ 3. Nachtheile der Flussdeiche. Die nachtheiligen Einwirkungen der Deichanlagen bestehen hauptsächlich in

1. der Steigerung des Hochwassers,
2. der Entziehung der befruchtenden Sinkstoffablagerungen,
3. der Verminderung der bisherigen Vorfluth,
4. dem Hervorrufen der Deichbeschädigungen und Deichbrüche,
5. der Qualmwasserbildung.

Die Deiche führen eine Verengung des bisherigen Hochwasserprofils herbei und veranlassen hierdurch (gleich jedem anderen Einschränkungswerke) eine Erhebung des Wasserspiegels. Eine fernere, wenn auch geringe Erhöhung des Wasserspiegels wird dadurch hervorgerufen, dass sich das Wasser nicht mehr wie früher auf den weiten Flächen der Niederung ausbreiten kann, indem das verengte Profil trotz der Anstauung eine viel geringere Wassermenge zu fassen vermag. Deiche, deren Höhen nach den früher beobachteten Hochwasserständen ohne Rücksicht auf die eintretende Erhöhung angelegt wurden, werden also überfluthet werden.

Ferner müssen die eingedeichten Niederungen diejenigen Sinkstoffe entbehren, welche früher während der Ueberschwemmungen auf denselben abgelagert wurden, ihnen Fruchtbarkeit verliehen und eine Erhöhung bewirkten; sie senken sich vielmehr durch die verbesserte Entwässerung und Austrocknung und zwar namentlich da, wo der thonige Alluvionboden eine grössere Mächtigkeit besitzt. Im Gegensatze hierzu wird das Vorland (Aussendeichsland oder der Aussendeich) durch die Ablagerung der Sinkstoffe erhöht und in vielen Fällen erhöht sich auch die Sohle des Flussbettes und der gewöhnliche Wasserstand; jedenfalls bewirkt die Erhöhung der Vorländer aber eine Beschränkung des bisherigen Hochwasserdurchflussprofils, so dass sich das Hochwasser, dessen Menge in Folge der im Flussgebiete ausgeführten Entwaldungen und Cultivirungen ohnehin immer mehr zugenommen hat, auch zu immer

grösserer Höhe erheben muss. Die ursprünglich in geringen Dimensionen und vielleicht nur gegen Sommerwasser angelegten Deiche wachsen, indem von Zeit zu Zeit Erhöhungen und Verstärkungen vorgenommen werden müssen, zu immer grösseren Colossen an und die Verheerungen, welche das in das niedrige, gesenkte Binnenland bei Deichbrüchen sich stürzende Wasser hervorruft, werden immer grösser.

Sodann wird durch die Einengung des Hochwasserprofils auch die Geschwindigkeit des Hochwassers eine grössere, so dass Uferabbrüche, gewaltsame Bildung neuer Flussläufe, Eisverstopfungen und Versandungen veranlasst werden können, falls nicht durch eine Regulirung des Flusschlauches diese Uebelstände beseitigt werden; für die Ausbildung der Schiffahrtstiefe ist dagegen jene gesteigerte Geschwindigkeit günstig.

Namentlich an solchen Theilen der Flüsse entwickeln sich die schlimmsten Zustände, wo Eisstopfungen häufiger eintreten; oberhalb der Verstopfung, welche das Durchflussprofil des Wassers erheblich oder ganz beschränkt, steigt das Wasser rasch an und bewirkt zuerst einen Ueberlauf und dann bald einen Durchbruch des Deiches; Zerstörungen und Versandungen der Niederungen sind die Folge des Durchbruches, dessen Schliessung grosse Opfer erfordert. Falls die Deiche vor dem Durchbrechen bewahrt werden, so ruft bei lange andauerndem Hochwasser und geringer Stärke der thonigen Klaischicht das Quellwasser (Qualm-, Kuver- oder Kör-Wasser) die grössten Nachtheile für die Grundstücke hervor. Es ist dieses das aus dem sandigen Untergrunde aufsteigende Wasser, dessen Menge um so grösser wird, je höher das Gefälle zwischen Aussen- und Binnenwasser, je weniger mächtig und undurchlassend die obere, den Sandboden bedeckende Alluvionschicht ist und je mehr Löcher oder Gräben sich finden, welche unmittelbar in den sandigen Untergrund eingeschnitten sind. Dieses magere, d. h. fruchtbare Stoffe entbehrende Quellwasser laugt die Grundstücke aus, indem es von unten nach oben sich bewegt. Es bedeckt oft die niedrigen Marschen in weiter Ausdehnung, wodurch bei dem Eintritte warmer Witterung die jungen Saaten leicht vollständig zu Grunde gehen.

Nach dem Obigen dürfte die Frage gerechtfertigt sein, ob die Nachtheile der Flussdeiche nicht grösser als ihre Vortheile seien. Es erheben sich denn auch Stimmen genug, welche alle Flussdeiche verdammen, während dieselben andererseits als das vorzüglichste Mittel zur Erhöhung des Wohlstandes eines Flussthales gepriesen werden.

In der Regel werden bei einem neu einzudeichenden Flusse nur diejenigen Deichanlagen zu empfehlen sein und sich auch auf die Dauer als höchst segensreich erweisen, welche

1. so weit von dem Flusschlauche entfernt gelegt sind, dass das Hochwasserprofil ein sehr grosses geblieben ist, welche mithin nur geringe Erhebungen des Hochwassers durch Profileinschränkung und Wasserflächenverminderung erfahren,
2. Grundstücke einschliessen, welche vollkommen reif für die Eindeichung sind, d. h. nach ihrer Höhenlage und zwar auch unter Berücksichtigung der künftigen Senkung, sicher entwässert werden und nach ihrer Bodenbeschaffenheit die fruchtbaren Ueberschlickungen einigermaassen entbehren können,
3. bedeichte Flächen von solcher Breite begrenzen, dass die landwirthschaftliche rationelle Ausnutzung derselben ohne besondere Deiche wegen der Entlegenheit der Wirthschaftsgebäude nicht wohl möglich ist,

4. Gelände schützen sollen, deren Oberfläche wenigstens in $0^m,5$ Stärke aus thonigem, das Qualmwasser nicht durchlassendem Boden besteht, indem andernfalls und namentlich bei lange andauerndem Hochwasser die Nachtheile des Qualmwassers in Verbindung mit den Kosten der Anlage die Vortheile der letzteren überschreiten können,
5. im Interesse der Flussregulirung sich als unbedingt nothwendig erweisen, was jedoch gewöhnlich nur bei Eindeichungen in den oberen Theilen des Flussgebiets der Fall ist.

In den mittleren und unteren Flussgegenden werden dagegen Niederungen von relativ nicht bedeutender Breite zweckmässig nicht eingedeicht, da sie, nachdem ein genügend breites Vorland aussendeichs belassen ist, zu schmal werden, um die bedeutenden Anlage- und Unterhaltungskosten der Deiche unter Berücksichtigung der für die Zukunft zu erwartenden Steigerung des Hochwassers und der verminderten Fruchtbarkeit in Folge der Entziehung der Schlickablagerungen zu tragen. Sind solche schmale Uferflächen so niedrig, dass sie zu oft vom Sommerwasser überfluthet werden und daher zu geringe Erträge liefern, so wird an Stelle von Winterdeichen die Anlage von Sommerdeichen vorzuziehen sein, die jedoch keinenfalls über das nothwendigste Höhenmaass aufgeführt werden dürfen.

Falls die Niederung von sehr verschiedener Höhenlage ist, so kann es sich auch oft empfehlen, nur die niedrigeren Theile derselben durch einzelne, nicht zusammenhängende Deiche, welche zwischen den höher gelegenen Theilen und in Höhe der letzteren geschüttet werden, vor frühzeitigen Durchströmungen und Versandungen zu schützen, damit die Ueberfluthung erst später erfolge. Ferner werden die Flussschläuche zu reguliren und die abbrechenden Ufer zu befestigen sein.

Flussthäler, deren Oberfläche nicht in genügendem Grade thonig ist, sollten nur mit Sommerdeichen geschützt werden. Winterdeiche sind nur dann zweckmässig bei solchem Terrain, falls die Hochgewässer in der Regel von so kurzer Dauer sind, dass die nachtheilige Qualmwasserbildung nicht in erheblichem Grade zu erwarten ist. Durch besondere Umdeichung aller bis in den Untergrund reichenden Vertiefungen und durch Ausfütterung der Sohle und der Seitenwände der in den Sandboden eingeschnittenen Gräben wird ausserdem die Qualmwasserbildung auf das geringste Maass einzuschränken sein.

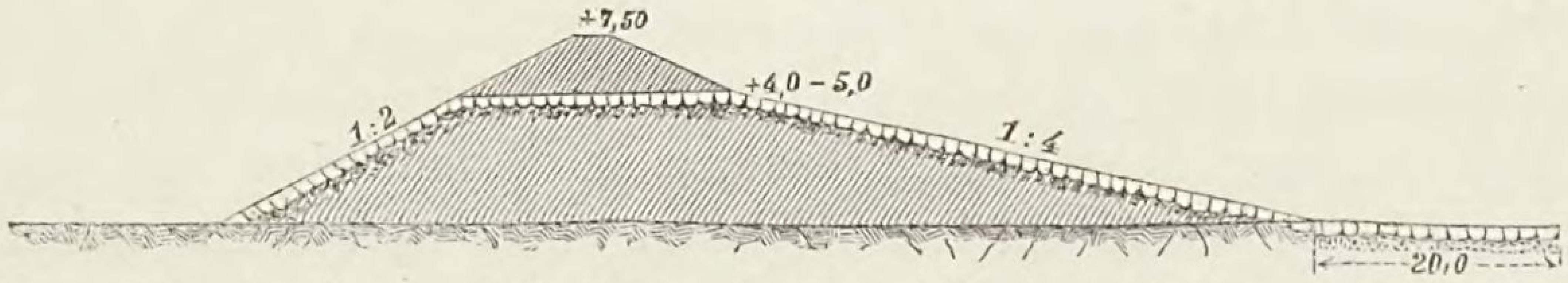
§ 4. Geschichtliches über Flussdeiche. An den Flüssen wurden die Deiche zuerst da angelegt, wo öftere Ueberfluthungen der Niederung deren Mangel besonders fühlbar machten und zwar entweder als offene Deiche, um die Strömung mit ihren verheerenden Einflüssen fern zu halten oder auch als für sich bestehende Strompolder, welche die höheren, zum Ackerbau zu benutzenden Ländereien und die Ortschaften umgaben. Indem man die offenen Deiche immer mehr verlängerte und die einzelnen Strompolder mit einander verband, entstanden die jetzigen Flussdeiche. Bei Anlage der ersten Deichanfänge hatte man aus Unkenntniss der maassgebenden Hochwassermenge die Deiche oft zu nahe an das Flussbett gelegt, es entstanden Deichbrüche bei Hochwasser und da man die grossen eingerissenen Löcher (Kolke oder Bracke genannt) mit dem neuen Deiche bei Schliessung der Bruchstelle umziehen musste, so erhielten die Deiche immer mehr nachtheilige Krümmungen und gefährliche Löcher in ihrer Nähe. Da sich auch das Hochwasser in Folge der Verengung des Profils und der Verminderung der das Hochwasser aufnehmenden Flächen, sowie in Folge der vermehrten Wassermenge und der Erhöhung der Vorländer zu grösserer Höhe

erhob, so sind jene alten Deiche später nicht allein wiederholt erhöht und verstärkt, sondern auch in solchen Strecken, wo das Hochwasser ein zu geringes Durchflussprofil fand, obwohl in seltenen Fällen, verlegt worden.

Diese Arbeiten sind auch zur Zeit noch nicht abgeschlossen und werden auch niemals einen Abschluss finden können, da mit dem steigenden Hochwasser und mit den höheren Forderungen, die man mit der zunehmenden Cultur im Interesse der Sicherheit der Grundstücke und ihrer Bewohner an die Deiche stellt, von Zeit zu Zeit wieder Erhöhungen, Verstärkungen oder selbst Deichverlegungen vorgenommen werden müssen. Am niederländischen Unterrhein ist wiederholt die Forderung bis auf die neueste Zeit erhoben worden, das bisherige Princip der Wasserabwehrung, welches keine Bürgschaft gegen Durchbrüche gewähre und dessen Durchführung im Laufe der Zeit sich immer schwieriger gestalten werde, zu verlassen und an Stelle desselben das der Wasserableitung einzuführen, d. h. die Deiche auf allen geeigneten Strecken als flache Ueberlaufdeiche einzurichten, welche nur das Sommerhochwasser kehren, dagegen den befruchtenden hohen Winterhochwassern den Einlass gewähren. Man hat sich jedoch bisher zu der Durchführung dieses Principes nicht entschliessen können. (Näheres vergl. § 8).[1])

Auch an der Loire zwischen der Allier-Mündung und Nantes bestehen die ungünstigsten Verhältnisse. Die Deiche, welche sich gewöhnlich nur an einer Uferseite befinden, während an der anderen Seite Felsen vorhanden sind und pro Kilometer Deichlänge 197^{Ha} beschützen, wurden so nahe dem Flussschlauche angelegt, dass das Hochwasserprofil bei Weitem nicht ausreichend ist; statt durchschnittlich 1090^{m} hätte die Profilbreite etwa 1700^{m} angenommen werden müssen. Das Hochwasser erhob sich in älteren Zeiten durchschnittlich 5^{m} über Niedrigwasser; im Jahre 1706 stieg dasselbe bis etwa 6^{m} und wurden die Deiche auf 7^{m} normirt. Bei dem Hochwasser von 1846 entstanden zahlreiche Deichbrüche, das Wasser vermochte sich wieder in die weiten Ebenen zu ergiessen, überstieg aber trotzdem die Höhe der Deiche. Man erhöhte dieselben um 1^{m}, erkannte aber bei dem Hochwasser von 1856, welches von Neuem den ärgsten Schaden im Betrage von etwa 150 Mill. Mark anrichtete, indem 160 Deichbrüche stattfanden, 300 Häuser zerstört wurden, dass man sie $2^{\text{m}},5$ bis $3^{\text{m}},5$ hätte erhöhen müssen, um das Hochwasser innerhalb der Deiche fassen zu können. Bei dem Hochwasser von 1866 wiederholten sich dieselben schlimmen Erscheinungen, 35 Deichbrüche, 50 Zerstörungen von Häusern mit einem Schaden von 80 Mill. Mark wurden hervorgerufen. Alle diese Katastrophen wurden nicht beim Eisgang, welcher an der Loire nur geringfügig ist, sondern durch anhaltende, über das gesammte Quellgebiet sich erstreckende Niederschläge bei offenem Wasser hervorgerufen; die Maximalconsumtion von 1856 entsprach einem auf das Gesammtgebiet fallenden Niederschlage von 6^{cm}. Da die Deiche wegen der bebauten Polder nicht zurückgelegt werden können, so hat man vorgeschlagen, 85 Stück grössere Reservoire in den oberen Thälern der Nebenflüsse durch Erbauung von Thalsperren herzustellen, welche das Hochwasser sammeln und die Maximalconsumtion vermindern sollen, von denen einzelne, darunter das berühmte *barrage du gouffre d'enfer sur le Furens bei St. Etienne* ausgeführt sind; da der Einfluss derselben aber nur für die obere Loire ein erheblicher sein kann, so sind für den mittleren und unteren Theil des Flusses noch verschiedene andere Entlastungsanlagen vorgeschlagen: Ueberlaufdeiche, deren gepflasterte 8^{m} breite Krone 4 bis 5^{m} über Niedrigwasser liegen soll und die für gewöhnlich eine Erhöhung durch einen bis $+ 7^{\text{m}},5$ reichenden leichten Kadedeich erhalten sollen, (siehe nachstehende Fig. 3); $0^{\text{m}},5$ über Terrain liegende, durch Balken zu schliessende Ueberfälle; eine

Fig. 3.



grosse Anzahl von Seitenbassins, welche in den Poldern behufs Aufnahme des Hochwassers angelegt werden sollen; ferner eine Vermehrung der Geschwindigkeit der Nebenflüsse durch Reinigung derselben u. s. w. und eine Verminderung der Geschwindigkeit des Hauptflusses durch Wehre, um ein gleichzeitiges Zusammentreffen der Hochgewässer zu verhüten.[2])

[1]) J. D. van Rechteren. Reveiliging der Rivierpolders tegen doorbraak in de Dyken, sowie Mittheilung von Franzius in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866; ferner Storm-Buysing, sowie Bekroonde antwoorden betreffende vlugtheuvels. Gravenhage. 1862.

[2]) Comoy. Mémoires sur les défenses contre les inondations. Paris 1868. Röder. Die Loire. Berlin 1867.

Auch bei dem Po[3]) hat sich in Folge der Verbesserung der Deiche, welche früher bei allen bedeutenden Hochgewässern zerstört wurden, so dass sich die Hochgewässer ausbreiten konnten, die Höhe der letzteren erheblich gesteigert; dieselbe ist bei Ponte-Lagoscuro im Jahre 1705 zu $6^m,82$, 1801 zu $7^m,69$, 1839 zu $8^m,58$ beobachtet, doch sind dort die Deiche, obwohl die allgemeinen Verhältnisse nicht erheblich von der mittleren Loire abweichen, in 2180^m von einander angelegt; trotz der grossen Vorlandsbreite beträgt die eingedeichte Fläche durchschnittlich noch 630^{Ha} pro Kilometer.

Die Elbe[4]) im Regierungs-Bezirke Magdeburg hat gleichfalls sehr viele Strecken mit zu geringen Profilbreiten zwischen den Deichen, nämlich mit nur 375 bis 500^m, während dieselbe durchschnittlich 940^m sein sollte und die Normalbreite des Flusses zwischen den Buhnen 150 bis 282^m beträgt.

Bei fehlerhaften Deichanlagen werden kostspielige Reservoire, wie sie für die oberen Thäler des Loire-Gebiets projectirt sind, nur selten von wirksamem Einfluss sein. Man wird Deiche mit ungenügendem Hochwasserprofil entweder verlegen oder in anderer geeigneter Weise, z. B. durch Ueberläufe, durch besondere, zur Winterzeit zu öffnende Hochwassercanäle, (Umfluthcanäle), welche den Fluss entlasten, durch Regulirung des Flusschlauches behufs Vermehrung des Gefälles oder durch Vergrösserung des Profils mittelst Abgrabungen, den arg bedrohten eingedeichten Niederungen zu Hülfe kommen müssen. Eine Abtragung der Winterdeiche, wie sie wohl gefordert ist, würde jedoch gleichbedeutend mit einem Zurückgehen in ältere, schlechtere Culturverhältnisse und deshalb ein Rückschritt sein, der jetzt, wo diese Flächen bevölkert sind, unmöglich ist.

Neue Deichanlagen kommen fast nur noch an kleineren Flüssen vor, da die Eindeichungen an den grösseren Flüssen grösstentheils ausgeführt sind.

§ 5. Lage der Flussdeiche. Bei der Anlage neuer oder der Verlegung älterer Winterdeiche sind bei Festlegung der Deichlinie die folgenden Bedingungen zu erfüllen:

1. Die Entfernung der Deiche von einander, oder, falls der Deich nur an einem Ufer errichtet werden soll, die Entfernung des Deiches von dem gegenüber liegenden hochwasserfreien Ufer muss überall eine solche sein, dass das bei Hochwasser entstehende Durchflussprofil nicht zu klein werde, indem sonst eine erhebliche Erhöhung des Hochwassers eintreten muss, welche den neu anzulegenden Deichen, sowie den bestehenden Ortschaften, Grundstücken, Brücken u. s. w. Nachtheile bringen und eine Steigerung der Hochwassergeschwindigkeit, welche den Vorländern und dem Flussbette mit seinen Ufern, sowie den zu errichtenden Deichen gefährlich werden kann.

Zur Bestimmung der normalen Hochwasserprofilbreite werden in der Regel vorhandene Deichanlagen oder Flusstrecken mit schmalen Vorländern einen unmittelbaren Anhalt bieten, sofern die Hochwassermenge, das Hochwassergefälle, die Breite des Flussbettes und die Höhenlage der Vorländer dieselben sind, andernfalls ist die Profilbreite auf dem Wege der Rechnung zu bestimmen.

Man ermittelt zunächst die Hochwassermenge Q des Flusses und zwar möglichst aus Consumtionsmessungen, welche zur Zeit des höchsten oder eines diesem nahestehenden Wasserstandes an geeigneten Punkten der Flusstrecke, namentlich bei den Brücken, angestellt werden. Beim Fehlen solcher directen Beobachtungen muss die Ermittelung auf dem Wege der Rechnung erfolgen, wobei verschiedene Methoden möglich sind, nämlich:

a. aus der Grösse des Flussgebiets (Cap. V, § 7);

b. aus den Hochwasserquerprofilen, mit Hülfe von Geschwindigkeitsformeln, indem

$$Q = f' v' + f'' v'' + f''' v''' + \dots,$$

wobei das Profil in eine grössere Anzahl von Flächen f' f'' ... derartig zerlegt wird, dass die Wassertiefe jeder gesondert zu betrachtenden Fläche annähernd dieselbe ist; für jede Fläche wird nach Ein-

[3]) Comoy. Mémoires etc.

[4]) Rust. Das Deichwesen an der unteren Elbe. Berlin 1870.

führung der mittleren Tiefe $R' = \frac{f'}{p'}$ $R'' = \frac{f''}{p''}$
und des Coefficienten c' c'' . . . die Geschwindigkeit v' v'' aus dem Gefälle J berechnet. Jedenfalls wird bei dieser Berechnung das Flussbett gesondert von den Vorländern zu betrachten sein, da im Flussbette nicht allein die Wassertiefe, mithin die Geschwindigkeit eine weit grössere ist, sondern die letztere auf den Vorländern noch durch mannigfache Bewegungshindernisse vermindert wird, die sich nur dadurch berücksichtigen lassen, dass der für die Vorländer benutzte Coefficient nach Schätzung niedriger angenommen wird als in den im V. Cap. § 19 und 20 angegebenen, aus Beobachtungen in verschiedenen Flussläufen abgeleiteten Formeln. Die Rechnung muss für eine grössere Anzahl von Querprofilen ausgeführt und aus den für Q gefundenen Werthen das arithmetische Mittel genommen werden, um die wegen der Unregelmässigkeit der Profile zu erwartenden Fehler möglichst auszugleichen. Ferner ist bei der Berechnung der Profile zu beachten, dass grössere, in demselben sich findende übermässige Tiefen nicht berücksichtigt werden dürfen, da sie nicht vom Wasser durchflossen werden, vielmehr in demselben sich nur Wirbel bilden können. Auch ist zu empfehlen, die Resultate nach beiden Methoden zu ermitteln und zu vergleichen.

Ist die dem absolut höchsten Wasserstande entsprechende Wassermenge Q bekannt, so werden die Deiche auf Grund einer vorläufig zu schätzenden Profilbreite in die Querprofile eingetragen, ferner wird eine wegen der Einschränkung zu erwartende Erhebung des Wasserspiegels schätzungsweise angenommen und hierauf in derselben Weise wie vorher unter b. angegeben, die Hochwassermenge Q aus den einzelnen, gesondert zu betrachtenden Flächen mit Hülfe der Geschwindigkeitsformeln berechnet. Wird Q bei der Rechnung zu gross gefunden, so muss die Erhebung des Wasserspiegels kleiner angenommen, andernfalls vergrössert werden; durch Wiederholung der Rechnung ist eine Uebereinstimmung zwischen den Werthen von Q zu erzielen.

Es ist nun zu prüfen, ob

1. die aus der Rechnung ermittelte Erhebung des Wasserspiegels h (vergl. Fig. 1, Taf. XXXIV), welche am unteren und oberen Ende der lang gestreckten Deichanlage in den früheren Wasserspiegel übergeht, längs der Deichanlage aber eine constante ist, falls die Querprofile und das Gefälle nicht erheblich abweichen, in Rücksicht auf benachbarte Ufer, Brücken u. s. w. gestattet werden darf und ob namentlich die Erhebung keine so grosse ist, dass die Deiche selbst eine übermässige Höhe erhalten würden;
2. ob die für die einzelnen Flächen berechneten Geschwindigkeiten v' v'' . . . nicht zu grosse sind.

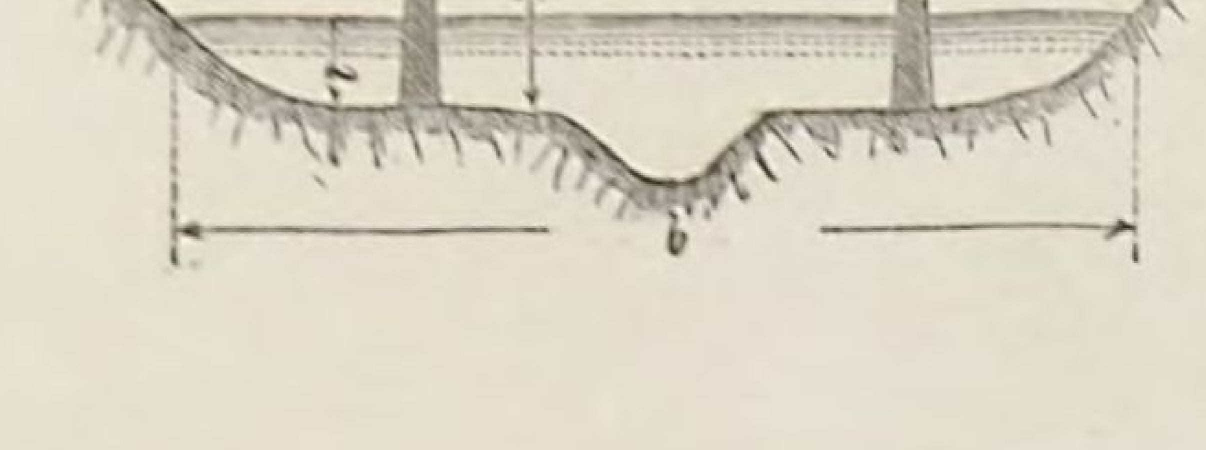
Bei der letzteren Prüfung ist es erforderlich, die an anderen Strecken desselben Flusses beobachteten Geschwindigkeiten zu vergleichen, um ein sicheres Urtheil über die Zulässigkeit der berechneten Geschwindigkeit zu gewinnen, welche nach der allgemeinen Beschaffenheit des Flussthals, d. h. je nachdem das Flussbett von sandiger oder kiesiger Beschaffenheit, die Vorländer locker oder fest begrünt, der Fluss nicht regulirt oder mit Uferdeckwerken versehen, auch kleiner oder grösser gewählt werden darf und gewöhnlich zwischen $1^m,5$ und 3^m schwankt.

Die Profilbreite oder Deichentfernung (Deichweite) muss sich ändern, falls die Hochwassermenge eine andere wird, also namentlich bei der Einmündung eines grösseren Nebenflusses, oder falls sich das Gefälle oder die Vorlandshöhe erheblich ändert.

Der oben entwickelte Gang der probeweise auszuführenden Rechnung ist für die in der Praxis vorkommenden Fälle, bei denen die Querprofile ungleichmässig gestaltet, also eine Trennung derselben unumgänglich nothwendig ist, nicht wohl zu vermeiden und führt auch sehr bald zu den gewünschten Resultaten, sofern anfänglich die Rechnung nur überschläglich geführt und erst genauer durchgeführt wird, nachdem sich die schätzungsweise angenommenen Werthe als annähernd richtig erwiesen haben. Ausserdem liegt es in der Natur der Sache, dass eine grosse Genauigkeit der Resultate nicht nothwendig ist.

Die Rechnung lässt sich in überschläglicher Weise auch folgendermaassen führen:

Fig. 4.



Wird in der Gleichung (Cap. III. S. 85, Gl. 5)

$$Q = F \, . \, v = c \sqrt{J \, . \, \frac{F^3}{p}}$$

der Coefficient c constant angenommen, $F = b \, . \, t$ und $p = b$ gesetzt, wo b die Breite und t die mittlere Tiefe des Flusses zur Zeit der Maximal-Consumtion vor der Eindeichung (s. nebenstehende Fig. 4) bezeichnen, so

ergiebt sich die Maximal-Consumtion

$$Q = c\sqrt{J\,\frac{b^3\,t^3}{b}} = c\,b\,\sqrt{J\,t^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 1.$$

Setzt man die Breite zwischen den Deichen $= B$ und die mittlere Wassertiefe nach der Eindeichung $= T$, so ist auch

$$Q = c\,B\,\sqrt{J\,.\,T^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2.$$

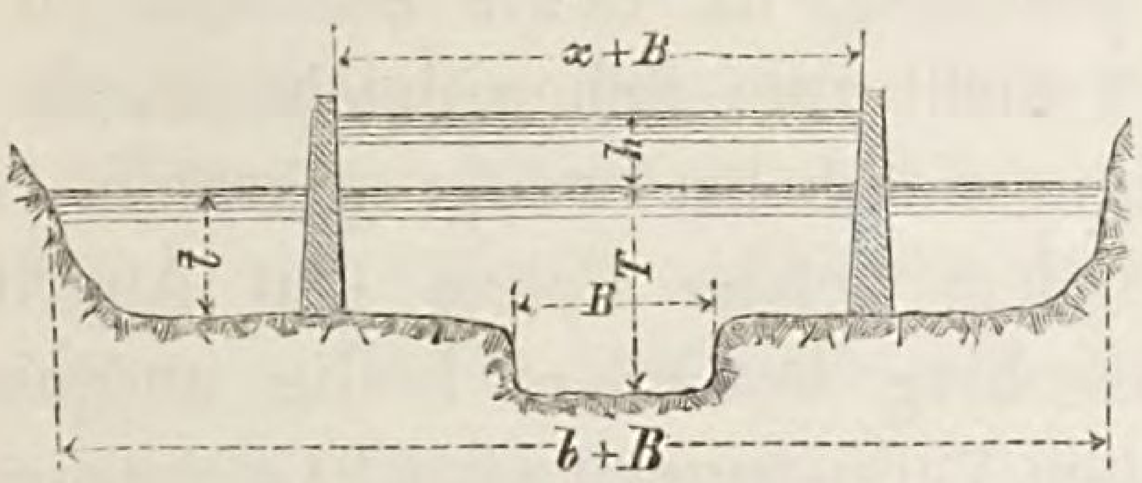
und durch Gleichsetzung von 1. und 2.:

$$T = t\,\sqrt[3]{\frac{b^2}{B^2}}\,, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; I.$$

so dass sich die mittlere Wassertiefe nach der Eindeichung zu derjenigen vor der Eindeichung wie umgekehrt die Kubikwurzeln aus den Quadraten der Profilbreiten verhält.

Hierbei wird namentlich dadurch eine grosse Ungenauigkeit entstehen, dass Flusschlauch und Vorländer nicht getrennt sind. Wird eine solche Trennung vorgenommen und bezeichnen (s. nebenstehende Fig. 5) B und T die Breite und mittlere Tiefe des Flusschlauches, sowie b und t diejenigen der Flussniederung (excl. Flusschlauch) vor der Eindeichung, x die Breite der beiden Vorländer nach der Eindeichung und h die durch letztere verursachte Erhebung des Wasserspiegels, so ergiebt sich unter den obigen Voraussetzungen

Fig. 5.



$$B\sqrt{(T+h)^3} + x\sqrt{(t+h)^3} = B\sqrt{T^3} + b\sqrt{t^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; II.$$

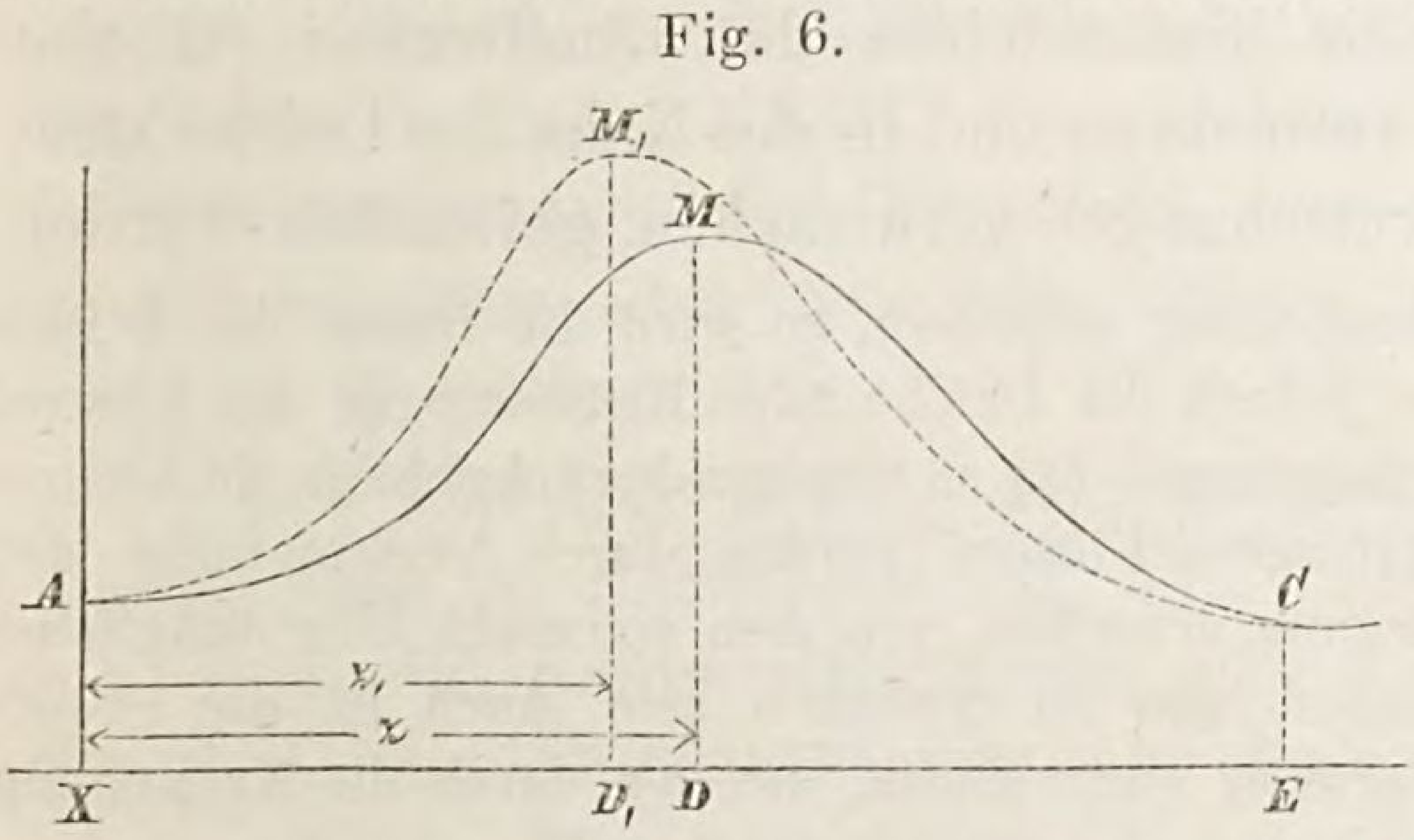
aus welcher Gleichung sich, nachdem h angenommen worden, x berechnen lässt oder umgekehrt.

Bei den obigen Berechnungen sind wir von der Annahme stets ausgegangen, dass die Hochwassermenge Q durch die Eindeichung nicht verändert werde, was jedoch nur annähernd richtig ist. Indem nämlich ein Theil des früheren Inundationsgebiets eingedeicht wird, werden die Flächen, auf welchen sich das Hochwasser ausbreiten und gewissermaassen aufspeichern konnte, vermindert. Wird die Eindeichung auf einer Flusslänge L ausgeführt, so vermindert sich der Fassungsraum um

$$q = L\,(B\,.\,T + b\,.\,t) - L\,[B\,(T+h) + x\,(t+h)],$$

welche Wassermenge eine weitere Steigerung der bisherigen Maximalconsumtion Q herbeiführen und den Eintritt derselben auch der Zeit nach beschleunigen wird. Werden die Consumtionen des Flusses während eines Hochwassers und zwar sowohl vor als nach der Eindeichung als Ordinaten, die Zeiten als Abscissen aufgetragen (siehe nebenstehende Fig 6), so dass XA die Consumtion bei Beginn des Hochwassers, DM die Maximalconsumtion Q vor der Eindeichung, D_1M_1 die Maximalconsumtion Q_1 nach der Eindeichung, EC die Consumtion am Ende des Hochwassers beträgt, so wird M_1D_1 nicht allein $> M\,D$, sondern $D_1\,X < D\,X$ sein. Die von den beiden Curven eingeschlossenen Flächen werden dagegen, da die Gesammtwassermenge keine Aenderung erleidet, gleich gross sein; genau genommen erfährt auch der Punkt C eine geringe Verschiebung.

Fig. 6.



Die Erhöhung durch Verminderung der Wasserflächen ist bei Deichanlagen mit genügendem Vorlande so gering im Verhältnisse zu der Erhöhung durch die Profilverengung, dass sie in der Regel vernachlässigt werden kann und zwar namentlich, falls die Maximalconsumtion während längerer Zeit stattfindet.

Wegen der nach § 4 im Laufe der Zeit zu erwartenden Vergrösserung der Wassermenge und Erhöhung der Vorländer ist die Profilbreite so gross anzunehmen, als es der Zweck der Anlage überhaupt irgend gestattet; hohe Unterhaltungskosten an Ufern und Deichen werden mehr oder weniger bald als Folge der zu gering gewählten Profilbreiten auftreten.

2. Die Lage des Deiches muss unter steter Innehaltung der vorstehend ermittelten Profilbreite so gewählt werden, dass er vor Beschädigungen möglichst gesichert ist.

Zu diesem Behufe sind die folgenden Bedingungen thunlichst zu erfüllen:

a. Der Deich muss dem Hochwasserstromstrich möglichst parallel laufen, er darf von demselben gar nicht oder nur unter sehr spitzem Winkel getroffen werden, also nur wenig „unter dem Strome" liegen.

b. Die Vorlandsbreite muss eine so grosse sein, dass zwischen den beiden unberührt am Flusse und vor dem Deichfusse zu belassenden Streifen Landes eine genügende Fläche zur Gewinnung der Deicherde für Anlage und Unterhaltung des Deichs verbleibt; kann diese Bedingung nicht vollständig erfüllt werden, so muss die Vorlandsbreite doch jedenfalls so gross bleiben, dass der Deich auch nach geringen, im Laufe der Zeit zu erwartenden Veränderungen des Flusses nicht zum Schaardeiche werde.

c. Die Deiche müssen ohne scharfe Ecken, möglichst wenig gekrümmt und möglichst einander parallel laufen, indem solche Ecken den Angriffen durch Strömung, Eisgang und Wellenschlag besonders heftig ausgesetzt sind; namentlich dürfen keine plötzlichen Verengungen oder Erweiterungen des Profils stattfinden, da sie sehr leicht zu Eisstopfungen, den schlimmsten Feinden der Deiche, Veranlassung geben.

d. Die Deichlinie muss über hohen, festen Boden geführt, dagegen müssen Niederungen, Moor und Sümpfe vermieden werden, indem diese nicht allein die Anlagekosten erheblich vermehren, sondern auch später Veranlassung zu Durchquellungen, Rutschungen, Versinkungen und Brüchen geben, also die Unterhaltung und Vertheidigung der Deiche erschweren.

e. Grössere Vertiefungen (Kolke, Bracke), welche tief in den sandigen Untergrund reichen, müssen aussendeichs gelassen werden, wo sie im Laufe der Zeit zuschlicken, während sie binnendeichs das Quellwasser (Qualmwasser, Kuverwasser) erheblich vermehren und in der Nähe des Deichs demselben, indem sie sehr leicht Abrutschungen verursachen, gefährlich werden.

Falls besondere Gründe nicht etwa eine Abweichung erfordern, so wird die Breite der beiden Vorländer gleich gross anzunehmen sein, ohne dass jedoch die Deiche allen Krümmungen des Flusses überall parallel laufen; es werden vielmehr die Krümmungen um so weniger berücksichtigt, je kleiner der Fluss, je schärfer dieselben also sind. Bei grösseren Flüssen werden durch Verschiebung des Deiches nach dem concaven und durch Zurückverlegung desselben von dem convexen Ufer möglichst flache Deichkrümmungen in Rücksicht auf die Eisstopfungen zu erstreben sein, auch ist die Profilbreite bei etwaigen stärkeren Krümmungen etwas grösser anzunehmen, um den durch die Krümmung hervorgerufenen Bewegungswiderstand auszugleichen.

Bildet der Fluss eine Serpentine, so darf der Deich in die Halbinsel nicht zu weit vortreten, vergl. die mit *b* bezeichnete Stelle Fig. 14, Taf. XXXIV, um von der Strömung nicht heftig angegriffen zu werden und keine unverhältnissmässig grosse Deichlänge zu erhalten, andererseits ist es aber auch nicht ungefährlich, den Deich geradlinig fortzuführen, da sich dann das Hochwasser leicht einen Weg durch die Halbinsel bahnt und jedenfalls erhebliche Sinkstoffablagerungen leicht veranlassen kann. Eine thunlichste Beseitigung der scharfen Flusskrümmungen ist daher vor Ausführung der Deiche vorzunehmen, namentlich wo Eisstopfungen zu befürchten sind. Fig. 13, Taf. XXXIV zeigt die Situation einer Strecke des Niederrheins, woselbst die seit Jahren empfohlene Beseitigung einer schädlichen Serpentine in neuerer Zeit zur Ausführung gelangte. [5])

[5]) Vergl. die ausführlichen Mittheilungen in Tijdschrift van het Koninglijk Instituut van Ingenieurs. 18⁷⁵/₇₆, S. 270.

3. Anlage- und Unterhaltungskosten des Deiches müssen im richtigen Verhältnisse zu den zu erwartenden gesteigerten Erträgen der einzudeichenden Grundstücke stehen, so dass diejenige Deichlinie die günstigste ist, welche die grösste Rente gewährt. Diese Forderung ist in erster Linie zu stellen, falls die Deichanlage ausschliesslich im Interesse der Melioration der Grundstücke ausgeführt wird, fällt aber fort, falls dieselbe durch die Regulirung des Flusses, eine grosse Brückenanlage oder zur Erreichung anderer wichtigen Ziele, z. B. der Trockenlegung versumpfter Flächen, welche durch ihre Ausdünstungen den Heerd epidemischer Krankheiten bilden, geboten erscheint.

4. Locale Verhältnisse sind zu berücksichtigen, z. B. sind vorhandene wichtigere Gebäude, Gehöfte, industrielle Etablissements möglichst von Deichen einzuschliessen.

Bei der Anlage von Sommerdeichen finden die oben unter 1 bis 4 entwickelten Gesichtspunkte gleichfalls entsprechende Anwendung. Es wird bei Bestimmung der Deichweite jedoch nicht das absolut höchste Wasser, sondern das durch den Deich zu kehrende gewöhnliche Sommerhochwasser nach Höhe und Wassermenge in Rechnung gebracht und falls sich die Sommerdeiche an ältere Winterdeiche schliessen, auch die Einschränkung des Hochwasserprofils untersucht.

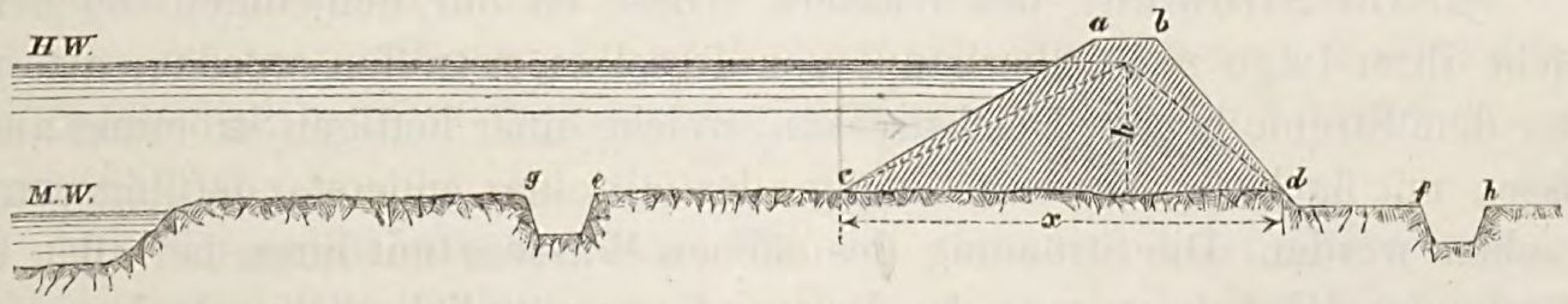
Wie alle Hindernisse auf den Vorländern, so können namentlich Sommerdeiche der letzteren Art sehr leicht Veranlassung zu Eisstopfungen geben, weshalb sie nur dann gestattet werden sollten, falls sie weder eine Einschränkung des Hochwasserprofils noch eine Unterbrechung in der Stetigkeit der Profile in erheblichem Grade herbeiführen.

Bei Festlegung der sich längs der Nebenflüsse hinauf ziehenden Rück- oder Rückstaudeiche wird die Deichweite nach der Hochwassermenge des Nebenflusses und dem dazu gehörigen Hochwasserstande bestimmt; der letztere weicht, falls die Hochwasser der beiden Flüsse nicht gleichzeitig eintreten, meist erheblich von dem absolut höchsten, durch Rückstau des Hauptflusses hervorgerufenen Wasserstande ab, vergl. Fig. 2, Taf. XXXIV. Um Sinkstoffablagerungen möglichst zu vermeiden, ist es nothwendig, dass der Hauptdeich und der Rückdeich unter sehr spitzem Winkel zusammengeführt oder, falls dies billiger, ein Flügeldeich in jener Richtung angelegt werde (s. Holzschnitt Fig. 2, S. 571).

§ 6. Das Querprofil. Allgemeines. An dem Querprofile eines Deiches unterscheidet man (s. Holzschnitt Fig. 7):

1. die Kappe oder Krone *a b*,
2. die Aussenböschung oder äussere Böschung *a c*,
3. die Binnenböschung oder innere Böschung *b d*.

Fig. 7.



Ferner gehören noch zu wichtigeren Deichen:

4. die Aussenberme *e c*,
5. die Binnenberme *d f*,

welche zuweilen durch den Aussenbermegraben *g e* und den Binnenbermegraben *f h* von dem Vorlande bezw. dem Binnenlande abgegrenzt werden.

Bei Feststellung der dem Deiche und seinen Zubehörungen zu gebenden Abmessungen sind hauptsächlich die folgenden Kräfte und Wirkungen zu berücksichtigen:

1. Der Wasserdruck, welcher
 a. ein Fortschieben des Deiches auf der Unterlage,
 b. ein Versinken desselben in den wenig tragfähigen Untergrund,
 c. eine Filtration oder Durchquellung hervorrufen kann.

Eine Drehung würde nur möglich sein bei einem mit sehr steilen Böschungen, mauerartig aus Thon oder Steinen auf fester Unterlage hergestellten Deichkörper; da derselbe aber aus Erde besteht, welche, um im Gleichgewichtszustande zu bleiben, ohnehin mit beträchtlicher Böschung angeschüttet werden muss, so kann eine Zerstörung durch Drehung nicht eintreten.

Zu a. Ein Deich von dreieckigem Querschnitte, welcher der grösseren Sicherheit wegen als vollständig vom Wasser durchdrungen gedacht werde, wird nicht gleiten, falls

$$\tfrac{1}{2}\, h\, x\, (p - 1)\, \gamma f > \tfrac{1}{2}\, h^2 \gamma\ ,$$

worin p das specifische Gewicht der Deicherde, welches zwischen 1,5 und 2,2 gewöhnlich liegt, und f der Reibungscoefficient, oder falls $x > \frac{h}{(p-1)f}$, vergl. die punktirten Linien des Holzschnitts Fig. 7, S. 579. Setzt man nun $p = 1\tfrac{1}{2}$ und $f = \tfrac{1}{2}$, so wird $x > 4\,h$. Da eine gänzliche Durchdringung des Deichkörpers in Wirklichkeit nicht stattfindet, so ist auch eine Verschiebung desselben, falls der Untergrund aus guter Erde besteht, nicht zu befürchten. Nur bei sehr weichem Untergrunde, bei welchem der Reibungscoefficient f sehr klein werden kann, ist in seltenen Fällen eine Verschiebung des Deiches zur Zeit sehr hoher Wasserstände beobachtet worden; zur Vermeidung derselben wird der Deich auf solchem weichen Untergrunde mit sehr flachen Böschungen ausgeführt werden müssen.

Zu b. Die von dem Deichkörper auf den Untergrund ausgeübte Pressung wird zur Zeit des Hochwassers noch durch den Druck des Wassers vermehrt und kann bei sehr geringer Tragfähigkeit des Untergrundes ein starkes Setzen und selbst Versinken, sowie Zerreissen des Deichkörpers, einen Ueberlauf und Durchbruch des Wassers zur Folge haben; das Versinken tritt hierbei am stärksten unter der Kappe ein, während der Boden zu beiden Seiten des Deiches in die Höhe gepresst wird. Bis zu einem gewissen Grade lässt sich auch hier durch Verbreiterung der Deichbasis, also durch sehr flache Böschungen der Gefahr entgegenwirken; hierdurch wird die Pressung auf den Untergrund (unter der allerdings wenig zutreffenden Voraussetzung, dass der Deich einen zusammenhängenden Körper bilde) vermindert und namentlich durch die flachen Böschungen dem Aufquellen des Bodens entgegenwirkt.

Zu c. Die Infiltration des Wassers nimmt zu mit der Druckhöhe desselben und der Grösse der in der Deicherde vorhandenen Zwischenräume; sie tritt nur bei sandigem und humosem Boden ein, wo sie sich bis zu einem solchen Grade steigern kann, dass grössere Quellen an der Binnenböschung entstehen, welche sich allmählich durch das Auswaschen des Sandes vergrössern, bis endlich Löcher im Deiche entstehen und der letztere zusammensinkt. Ferner kann der natürliche Böschungswinkel des durchweichten Materials so klein werden, dass ein Abrutschen der steileren Böschungen erfolgt. Es ist deshalb, falls sandiger Boden verwendet werden muss, ein stärkeres Profil mit flacheren Böschungen zu wählen, um den Widerstand, welchen das Wasser bei seiner Bewegung durch die als Haarröhrchen anzusehenden Poren erfährt, zu vermehren und das Abrutschen zu verhüten. Namentlich kann die Durchquellung zwischen Deichkörper und Untergrunde eine heftige werden, weshalb für gute Verbindung derselben, sowie auch der einzelnen Lagen, aus denen der Deichkörper geschüttet wird, zu sorgen ist. Auch kann ein Durchbrechen des Wassers im Untergrunde erfolgen, falls dieser sehr weich, z. B. moorig ist.

2. Die Strömung des Wassers. Diese ist nur denjenigen Deichen gefährlich, welche ihrer Lage nach überhaupt von derselben getroffen worden, also parallel oder unter dem Strome liegen; Deichstrecken, welche einer heftigen Strömung ausgesetzt sind, müssen mit flacherer Aussenböschung oder mit einer widerstandsfähigeren Schutzdecke versehen werden. Die Strömung des offenen Wassers mit ihren bei allen Unebenheiten auftretenden Wirbeln vermag den Rasen, die gewöhnliche Schutzdecke, nur nach länger andauerndem Angriffe zu verletzen, dagegen sind die Beschädigungen durch die Eisschollen beim Eisgange, welche den Rasen durchschneiden, auf stark exponirten Strecken und bei grösserer Geschwindigkeit des Wassers sehr erheblich und vermag der Rasen einer unter dem Strome liegenden Deichstrecke denselben nur schwer zu widerstehen.

3. Der Wellenschlag. Dieser wird durch den Wind hervorgerufen und ist um so stärker, je grösser die Wasserfläche in der Richtung der zu Hochwasserzeiten herrschenden Winde und je grösser die Wassertiefe ist. Wenn der Wellenschlag auch im Allgemeinen für die Flussdeiche weniger gefährlich als für Seedeiche ist, so erscheint es doch bei grösseren Profilweiten zweckmässig, die Aussenböschung der unter dem Winde, d. h. etwa normal zu den herrschenden Winden liegenden Deichstrecke entweder mit flacherer Anlage zu versehen, um von der brandenden Welle einen weniger heftigen Stoss zu erleiden oder dieselbe durch eine festere Decke als sie der Rasen allein zu bieten vermag, entweder dauernd (mit Steinpflasterungen) oder während des Hochwassers (durch Strauchhürden oder Faschinen) zu schützen.

4. Der Ueberlauf des Wassers in Folge von Eisstopfungen. Falls sich die Eisschollen zur Zeit des Eisganges an einer Stelle des Flusses, gewöhnlich in Folge von Profilunregelmässigkeiten, zu einer Eisverstopfung zusammenschieben und also einen Eisdamm bilden, welcher den Abfluss des Wassers ganz oder theilweise hemmt, so entsteht oberhalb der Eisstopfung eine Anstauung des Wassers, welche in kurzer Zeit immer mehr wächst und bald ein Ueberströmen der Deiche hervorruft. Die Binnenböschung wird dabei um so stärker angegriffen, je höher und steiler dieselbe ist, indem die durch den freien Fall erzeugte Geschwindigkeit mit der Höhe wächst und durch die Bewegungswiderstände um so weniger vermindert wird, je steiler die Fläche ist. — Falls daher einzelne Strecken der Winterdeiche als Ueberlauf zur Zeit der höchsten Wasserstände wirken sollen, so müssen sie mit sehr flachen Binnenböschungen angelegt werden.

5. Die durch Thiere, namentlich durch Maulwürfe, Hamster, Ratten und Mäuse hervorgerufenen Gänge können heftige Durchquellungen und im weiteren Verfolg Auswaschungen des Deichkörpers hervorrufen.

§ 7. Das Querprofil der Winterdeiche. Bei der Feststellung eines Querprofils sind besonders die Höhe des zu kehrenden Wasserstandes, die Lage des Deiches gegen Wind und Stromstrich, die Beschaffenheit des Deichmaterials, sowie die Breite und Höhe des Vorlandes von maassgebendem Einflusse.

Die Höhe der Deichkappe wird bei Winterdeichen durch das absolut höchste offene, d. h. ohne Eisstopfung beobachtete Wasser bestimmt, über welches sich dieselbe bei den grösseren Flussdeichen (des Rheins, der Weichsel, der Elbe u. s. w.) gewöhnlich $0^m,6$ erhebt; bei kleinen Deichen, vor denen Eisgang und Wellenschlag nur in geringem Grade, Eisstopfungen gar nicht auftreten, kann die Höhenlage bis auf $0^m,3$ über dem höchsten Wasserstand beschränkt werden, während solche Deichstrecken, deren Durchbruch wegen nahe gelegener Ortschaften oder aus sonstigen Gründen mit besonders grossen Nachtheilen verknüpft ist, wohl $0^m,9$ bis $1^m,2$ über Hochwasser ausgeführt werden, damit der Ueberlauf bei Eisstopfungen nicht dort, sondern an anderen relativ günstigeren Strecken stattfinde. Es werden auch wohl solche Strecken, vor denen ein heftiger Wellenschlag befürchtet wird, $0^m,3$ höher als die übrigen hergestellt.

Wollte man denjenigen Wasserstand für die Höhenlage der Deichkappe zu Grunde legen, welcher durch Anstauung des Wassers oberhalb der Eisstopfungen möglich ist, so würden sich übermässige Höhenabmessungen und unerschwingliche Kosten ergeben; es gilt deshalb als Regel, die beiderseitigen Deiche gleich hoch anzunehmen, dagegen beim Eintritt von Eisstopfungen provisorische Erhöhungen auf der Krone (sog. Aufkadungen) vorzunehmen.

Die Kappenbreite der Winterdeiche ist bei allen wichtigen Deichen an den Hauptflüssen, (vergl. Fig. 3, Taf. XXXIV), so gross anzunehmen, dass sie während der oft viele Wochen andauernden Deichvertheidigung befahren werden können, indem die Heranschaffung der Defensionsmaterialien namentlich dann eine sehr schwierige werden kann, falls das Binnenland hinter dem Deiche in grösserer Entfernung durch das Qualmwasser inundirt ist. Die Kappenbreite ist deshalb gewöhnlich $2^m,5$ bis 4^m, je nach der Güte des Deichmaterials und der Heftigkeit der durch Wellenschlag und Eis zu erwartenden Angriffe.

Soll die Deichkappe in gewöhnlichen Zeiten auch als Fahrweg benutzt werden, so richtet sich die Breite derselben nach den Ansprüchen des Verkehrs und muss mindestens $4^m,5$ betragen.

Deiche an kleineren Flüssen, (vergl. Fig. 4, Taf. XXXIV), die geringeren Angriffen ausgesetzt sind, erhalten $1^m,5$ bis $2^m,5$ Breite. Die Kappe wird gewöhnlich flach gewölbt, damit Regen- und Spritz-Wasser abfliessen können; zuweilen hat man derselben auch ein Gefälle nach der Aussenseite gegeben, damit die Binnenkante den höchsten Rücken bilde und von dem auf die Kappe geschobenen Eise weniger zu leiden habe. Zur Verhütung von Beschädigungen wird sie am besten als Rasendecke unterhalten, falls nicht wegen des Fahrweges eine Besandung, Bekiesung oder, wenn dieselbe als Ortsstrasse dient, eine Pflasterung ausgeführt wird.

Die Aussenböschung der Deiche an den grösseren Flüssen wird mit $2\frac{1}{2}$- bis 4-facher, durchschnittlich 3-facher Anlage, an den kleineren Flüssen mit 2- bis 3-facher, durchschnittlich $2\frac{1}{2}$-facher Anlage und zwar um so steiler ausgeführt, je geringer die zu erwartenden Angriffe und je besser das Deichmaterial und der Untergrund sind. An den grössten Deichen kommt eine flachere als die 4-fache, nämlich eine 5- bis 6-fache Anlage nur bei Sanddeichen ausnahmsweise vor (z. B. am Unterrhein), während andererseits auch bei den kleinsten Deichen eine steilere als die 2-fache Böschung nicht rathsam ist, falls eine Bedeckung mit Rasen gewählt wird und sich solcher widerstandsfähig entwickeln soll.

Wird die Aussenböschung dagegen mit Steinen gesichert, so kann die Böschungsanlage eine steilere sein; so haben z. B. die mit einem $0^m,6$ starken, in hydraulischem Mörtel versetzten Pflaster versehenen Deiche der Loire meist einfache, selten 2- bis $2\frac{3}{4}$-fache, niemals 3-fache Anlage erhalten.

Die Binnenböschung erhält gewöhnlich 2-fache Anlage, welche sowohl zur Erzielung einer kräftigen Rasendecke, als auch zur Verhütung eines Abrutschens des unteren Theils der Böschung, falls die Deicherde in Folge lange andauernden Hochwassers etwas durchweicht wird, nothwendig erscheint. Eine steilere, $1\frac{1}{2}$-fache Böschung ist nur bei sehr gutem Deichmaterial und falls der Deich nicht mit grösserem Vieh beweidet werden soll, anzunehmen; eine flachere, $2\frac{1}{2}$- bis 4-fache Böschung ist nur ausnahmsweise nothwendig, nämlich entweder bei sandiger, der Durchquellung oder Durchweichung ausgesetzter Deicherde mit kleinem natürlichen Böschungswinkel oder falls sich ein Kolk hinter dem Deiche befindet oder endlich bei wenig tragfähigem Untergrunde.

In Rücksicht auf den Widerstand des Deiches gegen den Wasserdruck ist dagegen eine sehr flache Binnenböschung, wie es vielleicht auf den ersten Blick im Vergleich zu anderen Stützconstructionen erscheinen möchte, nicht erforderlich, vielmehr ist die Aussenböschung im Allgemeinen für die Widerstandsfähigkeit des Deiches von weit grösserer Bedeutung als die Binnenböschung.

Sowohl an der äusseren als an der inneren Seite des Deiches sind Schutzstreifen zu belassen, die Aussen- und Binnenberme, welche bei grösseren Deichen Zubehörungen derselben sind und nur als Grünland (Wiese oder Weide) benutzt werden dürfen, daher von den früheren Besitzern entweder zum Eigenthum oder zur servitutischen Benutzung für die Zwecke des Deiches abzutreten sind.

Namentlich ist es von Wichtigkeit, die Aussenberme, welche bei grösseren Deichen 5 bis 10^{m}, bei kleineren 2 bis 5^{m} Breite bekommt, in Rasendecke zu erhalten, da diese der Strömung und dem Wellenschlage besser widersteht als das blosse Erdreich. Es ist daher auch die Entnahme von Erde oder Rasen aus derselben für die Unterhaltung des Deiches nicht gestattet; ferner ist die Anlage eines Fahrweges auf derselben, da die Rasendecke durch die Wagen zerschnitten wird, nachtheilig.

Die Aussenberme wird nur selten in einer bestimmten Höhe angeschüttet, in der Regel begnügt man sich damit, einen Streifen des Vorlandes in Grünland zu belassen; wird jedoch der Deich durch tiefer gelegene Flächen, alte Flussarme, Löcher u. s. w. geführt, so ist es zweckmässig, die Aussenberme durch Anschüttung in der mittleren Höhe des übrigen Vorlandes herzustellen und derselben ein Gefälle von mindestens $^{1}/_{20}$ nach der Flusseite zu geben, um das Regenwasser abzuführen.

Die 2 bis 6^{m} breite Binnenberme hat zwar gewöhnlich eine geringere Wichtigkeit als die Aussenberme, ist jedoch bei einem grösseren Deiche nothwendig, um zur Zeit der Deichvertheidigung an alle Punkte derselben gelangen zu können. Sehr oft wird ein öffentlicher Weg auf die Binnenberme gelegt, in welchem Falle die Breite derselben mindestens 4^{m},5 beträgt.

Von grösserer Bedeutung ist die Binnenberme, sofern der Deich aus sandigem, der Durchquellung oder Durchweichung ausgesetztem Materiale besteht oder sich, wie dies sehr oft bei alten Deichen vorkommt, vor tiefen, durch Deichbrüche gerissenen Löchern (Kolken oder Bracken) befindet. Eine breite, 1 bis 2^{m} über das Binnenland gelegte Binnenberme, s. Fig. 5, Taf. XXXIV, welche dann wohl Fussdeich genannt wird, verstärkt in solchen Fällen den Deichkörper gegen Durchquellungen und Durchweichungen und verhindert das vor Kolken besonders gefährliche Versinken und Durchbrechen des oberen Deichkörpers, welches leicht eintritt, sobald der untere durchweichte Theil eine flachere Böschung in Folge der aufgehobenen Cohäsion des Erdmaterials annehmen und also abrutschen kann. Um diese Gefahr und gleichzeitig auch die Menge des schädlichen Qualmwassers, das hauptsächlich aus den tief in den sandigen Untergrund reichenden Kolken hervorquillt, erheblich zu vermindern, erscheint es zweckmässig, letztere ringsum mit kleinen Deichen, sog. Kuverdeichen, Qualmdeichen oder Quelldeichen, einzufassen. Sie schliessen sich an die erhöhte Binnenberme, um das Quellwasser anzusammeln, also die Druckhöhe zwischen Aussen- und Binnenwasser zu vermindern, erhalten wie die Binnenberme 1 bis 2^{m} Höhe über Terrain, 1 bis 1^{m},5 Kronenbreite, beiderseits gewöhnlich 2-fache Böschungen und werden in guter Rasendecke unterhalten; die nach dem Kolke belegene Fläche kann bei grossen Wasserflächen durch den Wellenschlag sehr leiden und deshalb selbst in 2$^{1}/_{2}$- bis 3-facher Böschung angelegt werden müssen.

Ein Durchbruch des Kuverdeiches, also eine plötzliche bedeutende Vermehrung der Druckhöhe, kann leicht verhängnissvolle Abrutschungen am Hauptdeiche veranlassen, weshalb auch die Kuverdeiche in der sichersten Weise, ebenso wie der Hauptdeich, anzulegen und zu unterhalten sind. Sie werden oft nicht unmittelbar um den Kolk, sondern über höheres Terrain geführt, so dass innerhalb desselben noch Land gelegen ist; um dieses rechtzeitiger trocken zu legen, ist eine kleine Ablasschleuse in dem Kuverdeiche anzulegen, welche jedoch erst geöffnet wird, sofern kein Schaden aus

dem Ablassen des Wassers für das übrige Land zu befürchten ist. Will man die Qualmdeiche nur in geringer Höhe aufführen und ist keine Ablassschleuse zur Regulirung des Wassers vorhanden, so empfiehlt es sich, Ueberlaufstellen anzulegen.

Trotz flacherer Binnenböschung, erhöhter Berme und Kuverdeich bleibt ein unmittelbar vor einem tiefen Kolke gelegener Hauptdeich aber immer eine gefährliche Stelle, welche deshalb bei Festlegung der Deichlinie möglichst zu vermeiden ist.

Aussen- und Binnenberme werden oft durch kleine Gräben gegen die benachbarten Grundstücke abgegrenzt; es geschieht dies hinter der Binnenberme stets, falls solche als öffentlicher Fahrweg dient. Die Gräben erhöhen jedoch in keiner Weise die Sicherung des Deiches, da sie an der Aussenseite die Strömung verstärken, an der Binnenseite die Durchquellung vergrössern können; sie dürfen deshalb keinenfalls in grösserer Tiefe geduldet werden.

Der Binnenbermegraben wird wohl als Hauptabwässerungsgraben in grösserer Tiefe und Breite angelegt, um gleichzeitig die Deicherde zu gewinnen, doch ist dies bei weichem oder sandigem Untergrunde leicht mit den grössten Gefahren für den Deich verknüpft. Bei weichem Boden wird, da dort der Gegendruck der Erde weniger gross, ein Aufquellen oder Ansteigen der Grabensohle und gleichzeitig ein Versinken des Hauptdeiches herbeigeführt, welches selbst den Durchbruch des Deiches zur Zeit des Hochwassers zur Folge haben kann; bei sandigem Boden wird die Qualmwasserbildung erheblich vermehrt. In beiden Fällen ist es deshalb nothwendig, durch Verbreiterung der Binnenberme bis auf 20^m und mehr diese Nachtheile möglichst zu vermindern, falls die Anlage eines solchen tiefen Grabens oder Canals in der Nähe des Deiches aus localen Rücksichten nicht vermieden werden kann.

§ 8. Ueberlaufdeiche. Flügeldeiche. Ueberfall- oder Ueberlaufdeiche kommen bei Winterdeichen nur in seltenen Fällen und nur streckenweise vor:

1. Es sind dieselben wohl gegenüber oder oberhalb solcher Strecken des Hauptdeiches angelegt, deren Durchbruch bei Eisstopfungen besonders grosse Nachtheile herbeiführen würde, hinter denen z. B. ein grösserer Ort sich befindet.

Die Entlastung des Flusses kann in diesem Falle aber nur dann wirksam sein, wenn der Ueberlaufdeich grosse Länge besitzt, in der Kappe erheblich niedriger als der Hauptdeich liegt und die Marsch, welche das Wasser aufnehmen soll, sehr gross ist. Gegenüber Deventer bestand an der Yssel ein solcher 787^m langer Ueberlaufdeich, dessen Krone $1^m,88$ unter dem Hauptdeiche lag, mit 15-facher Binnenböschung in Rasendecke angelegt war und sich gut erhalten hat, indem das überlaufende Wasser dort bald durch einen in geringer Entfernung hinter dem Deiche liegenden höheren Weg noch angestaut wurde. Die überfliessende Wassermenge wird nach dem im VII. Cap. mitgetheilten Formeln berechnet.

2. Es sind ferner Ueberlaufdeiche da hergestellt, wo es bei Regulirung älterer Deichanlagen und Flusspaltungen zwar erwünscht erschien, einen früheren Hochwasserlauf für alle gewöhnlichen Wasserstände und Sommerhochwasser zu coupiren, um die betr. Niederung in höhere Cultur zu bringen, die Absperrung des Winterhochwassers aber nicht möglich war, weil das im Hauptstromarme sich findende Hochwasserprofil für die gesammte Wassermenge nicht ausreichte.

Ein solcher Ueberlauf, vergl. Fig. 6, Taf. XXXIV, befindet sich unweit Verden, um das Hochwasser der Aller nach der „alten Aller", einem alten Flussarme, und durch diesen nach einem unteren Punkte der Weser zu entlasten; dieser Ueberfalldeich erhebt sich bis über das gewöhnliche Sommerhochwasser, hat etwa 560^m Länge, aussen 10 fache, binnen 20 fache Böschungsanlage, $9^m,5$ Kronbreite und liegt etwa 2^m unter der Krone des Hauptdeichs. Auch zur Entlastung der Waal nach der Maas, bei Baardwijk, sowie des alten Rheins nach der Yssel bei Lymers wurden Ueberlaufdeiche angelegt.

Wenn auch bei sehr flacher Anlage der Böschung von etwa $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ eine gut erhaltene Rasendecke für kurze Zeit Widerstand zu leisten vermag, so werden doch bei lange andauerndem Ueberlaufe, falls die Höhe des Wassers, also die Dicke des überströmenden Wasserstrahls, eine erhebliche ist und der Deich grössere Höhe hat, sehr leicht Beschädigungen entstehen. Es ist daher vorzuziehen, die Böschung

weniger flach und in geringen Höhenabständen von etwa 1^m abgepflasterte Banketts anzulegen. Von Woltmann ist vorgeschlagen, der Binnenböschung eine concave Form zu geben, so dass sie am Fusse weit flacher als an der Krone ist und allmählich in das horizontale Terrain (Maifeld) übergeht; aber auch hierdurch werden die Angriffe des Wassers auf den Fuss der Deichböschung nicht verhindert.

Ueberlaufdeiche erhalten oft dadurch Beschädigungen, dass die Grundbesitzer bei ausnahmsweise eintretendem höheren Sommerwasser im Interesse ihrer Grundstücke eine Aufkadung auf der Krone desselben vornehmen und das Material aus nächster Nähe, d. h. aus der flachen Binnenböschung entnehmen.

In vielen Fällen wird die Anlage von grossen Einlasschleusen vorzuziehen sein, da sie ein weit sichereres Mittel zur Entlastung bilden, die volle Druckhöhe des Wassers ausnutzen, ganz nach dem Bedürfnisse geöffnet oder geschlossen werden können und nur diejenige Wassermenge ablassen, welche von dem betr. Canale, Flussarme u. s. w. ohne Nachtheil aufgenommen werden kann.

In den Niederlanden ist wiederholt der Vorschlag gemacht worden, Ueberlaufdeiche in grosser Anzahl und solcher Entfernung von einander anzulegen, dass ein Ueberlauf bei jeder sich bildenden Eisstopfung in Wirksamkeit tritt, was bei dem durchschnittlichen Gefälle des Unterrheins von 1:7000, um höchstens einen Aufstau von $0^m,5$ bei Eisstopfungen zu erhalten, in mindestens 3500^m Entfernung stattfinden müsste. Die Ueberlaufdeiche sollten sich nur etwas über das Sommerhochwasser erheben und mit 15- bis 20-facher Binnenböschung in Rasendecke möglichst vor hochgelegenem und wenig bewohntem Hinterlande ausgeführt werden. Man wollte hierdurch die Durchbrüche der Hauptdeiche, welche bei den dort häufig eintretenden Eisstopfungen oft und in verheerender Weise stattfinden, verhüten und gleichzeitig auch durch das Einlassen von schlickreichem Wasser dem höchst nachtheiligen, unfruchtbaren Qualmwasser entgegenwirken. Diese Projecte sind aber bisher noch nicht zur Ausführung gelangt, da die Gegner hervorheben, dass die Nachtheile der jedes Jahr eintretenden Inundationen summarisch grösser sein würden als der allerdings sehr erhebliche Schaden eines im Laufe von etwa 20 bis 25 Jahren sich wiederholenden Durchbruchs; auch seien die Kosten für Anlage und Unterhaltung der Ueberlaufdeiche, der um die Ortschaften in der Binnenmarsch anzulegenden neuen Schutzdeiche, der Worthen oder Hügel für die einzelnen Gehöfte, der grossen Ablasschleusen zur Wiederbeseitigung des übergelaufenen Wassers sehr bedeutend.

Im Gegensatze zu jenem Projecte der Ueberlaufdeiche versucht man daher Eisstopfungen dadurch möglichst zu verhüten, dass die Flüsse regulirt, die Deiche in gleicher Höhe aufgeführt, die Bewegungswiderstände auf den Vorländern (Sommerdeiche, Bäume, Gehöfte, Umzäumungen, hohe Wege u. s. w.) und Stromspaltungen, welche die so verhängnissvollen Eisstopfungen begünstigen, möglichst beseitigt, sowie neue Ableitungen des Wassers nach der Zuider See erstrebt werden. Jedenfalls ist die Gefahr, in welcher sich die von zahlreichen Flussarmen des Rheins durchfurchten Niederlande befinden, falls der Strom bei sehr hohem Wasserstande zufriert und dann Thauwetter in den höheren Flussgegenden eintritt, während in den unteren noch Kälte herrscht, stets eine so grosse, mit der Zeit sich immer mehr in Folge des Anwachsens des Hochwassers steigernde, dass es fraglich erscheint, ob das jetzige System der Wasserkehrung nicht zum Theil früher oder später verlassen werden muss.

Die Flügeldeiche (vergl. § 2) erhalten eine 2 bis 3^m breite abgerundete Krone, $2\frac{1}{2}$- bis 3-fache Anlage der Böschungen und müssen an denjenigen Flächen, welche von dem Eisgange heftig getroffen werden, abgepflastert werden; ruft der Flügeldeich einen erheblichen Anstau hervor, wie dies bei älteren, fehlerhaft angelegten Deichen wohl vorkommt, so kann die Ueberströmung desselben so heftig werden, dass auch die Binnenböschung gepflastert werden muss.

§ 9. Das Querprofil der Sommerdeiche. Die Sommerdeiche sollen nur das gewöhnliche Sommerhochwasser kehren, erleiden demnach sowohl durch das Frühjahrshochwasser, als auch zuweilen durch ein bei manchen Flüssen diesem wenig nachstehendes, wenn auch selten eintretendes ausserordentlich hohes Sommerhochwasser eine Ueberströmung, durch welche die Binnenböschung des Deiches angegriffen werden kann. Wie bei den Winterdeichen die Aussenböschung den wichtigsten Theil bildete, so hier die Binnenböschung, welche um so flacher anzulegen, je höher der

Deich ist und je länger der Ueberlauf dauert, indem die Grasnarbe des Rasens durch den längeren Angriff erweicht und zerstört wird. Die Kappe erhebt sich bis $0^m,3$ über den noch sicher zu kehrenden Sommerwasserstand, ihre Breite wächst mit dem zu erwartenden Angriffe, während die Aussenböschung nur die Angriffe des mittleren Hochwassers auszuhalten hat.

Bei Sommerdeichen, welche kleinere, in etwa einer Stunde sich anfüllende Sommerpolder umschliessen, genügen unter der Voraussetzung, dass der Deich und namentlich die Binnenböschung aus bester Klaierde besteht und auf der ganzen Oberfläche in guter Rasendecke erhalten wird, die folgenden Dimensionen, siehe Fig. 7, Taf. XXXIV:

Höhe über Terrain	1^m	2^m	3^m
Kappenbreite	1^m	$1^m,5$	2^m
Anlage der Aussenböschung .	2 fach	2 ½ fach	3 fach
Anlage der Binnenböschung .	2 fach	4 fach	6 fach.

Bei länger andauerndem Ueberlaufe ist es vorzuziehen, besondere Ueberlaufstrecken anzulegen, deren Kappe $0^m,3$ bis $0^m,5$ niedriger ist als der übrige Sommerdeich, für dessen Binnenböschung dann eine 2 bis 3 fache Anlage genügt; diese Ueberlaufstrecken müssen, da sie weit länger als die gewöhnlichen Sommerdeiche functioniren, mit flacherer Binnenböschung angelegt werden, nämlich bei einer

Höhe von	1^m	2^m	3^m
Böschungsanlage	4 fach	8 fach	12 fach,

falls man bei grösserer Höhe nicht vorzieht, in der Höhe von je etwa 1^m solide abgepflasterte Banketts an der Binnenseite herzustellen.

Am geeignetsten sind solche Flächen für die Anlage der Ueberlaufstrecken, welche hoch und fest sind, und auf denen der Deich nicht unter den herrschenden Winden liegt.

Mit grossem Vortheil kann man auch die Abwässerungsschleuse des Sommerpolders zum Einlassen des Wassers mitbenutzen, indem entweder die Schützen, falls solche als Verschluss dienen, geöffnet oder grössere Einlassschützen in den Thoren angelegt oder aber besondere Einlassschützen gesondert von den Thoren angeordnet werden, vergl. Taf. XLI, Fig. 4 bis 6. Diese Schleusen gestalten sich demnach ähnlich wie die Bauwerke, welche durch Fig 15 und 16, Taf. XXXVII und durch Fig. 1 und 2, Taf. XXXIX dargestellt sind.

Durch solche Einlassschleusen wird allerdings das heftige Ueberströmen nicht immer verhindert, namentlich ereignet es sich bei einem ausserordentlich hohen Sommerwasser leicht, dass die Grundbesitzer, aus Furcht die Sommerfrüchte zu verlieren, das rechtzeitige Oeffnen der Schleusen unterlassen.

Auch an den Sommerdeichen sind Aussen- und Binnenbermen von 2 bis 5^m Breite zu belassen, die nur als Grünland (Wiese oder besser Weide) benutzt werden dürfen.

Die Kappe der Sommerdeiche als Fahrweg zu benutzen, ist nicht rathsam, da hierdurch die Widerstandsfähigkeit beim Ueberlaufen leidet; es ist vorzuziehen, dieselbe in Rasen, und stark nach der Binnenseite abgerundet, abzudecken.

§ 10. Deichrampen. Durchfahrten. An- und Abfahrten (Rampen), siehe Fig. 16, Taf. XXXIV, sind zur Verbindung des Vorlandes und des Polders sowohl bei Winter- als Sommerdeichen unentbehrlich. Die an der Aussenböschung angelegten Abfahrten werden vorzugsweise stromabwärts und parallel mit der Böschung laufend angeordnet, indem alsdann die Beschädigungen, welche durch Strömung, Eisgang und Wellenschlag in Folge der Unterbrechung der glatten Deichfläche herbeigeführt werden können, noch am geringsten sind. Dabei dürfen sie das Deichprofil jedoch nicht schwächen, sie dürfen also nicht eingeschnitten werden. In gleicher Weise werden in der Regel auch die Rampen an der Binnenseite angeordnet, wo

sie jedoch ohne Nachtheile sind und nach Bedürfniss nach beiden Richtungen angelegt werden können.

Die Breite der Rampen beträgt gewöhnlich nur $2^m,5$ bis 3^m, die Steigung $^1/_8$ bis $^1/_{12}$, die Anlage der Böschungen entspricht derjenigen der betr. Deichböschung; dienen dieselben als öffentlicher Weg für den grösseren Verkehr, so werden sie breiter und flacher angelegt.

Anfahrten, welche von der Binnenseite normal zu der Deichlinie geführt sind, siehe die punktirten Linien der oben bezeichneten Figur, unterbrechen den Verkehr auf der Binnenberme zur Zeit der Deichvertheidigung. Sie werden in etwas grösserer Kronenbreite als die parallelen Anfahrten und mit 2fachen Böschungen angelegt.

Durchfahrten oder Deichlücken, siehe Fig. 18, Taf. XXXIV, sind an Stelle der Anfahrten anzulegen, falls ein erheblicher Verkehr sich über den Deich bewegt; dieselben werden mit massiven Einfassungen in 3 bis 5^m Weite ausgeführt und zur Zeit des Hochwassers gewöhnlich durch Dammbalken geschlossen, welche in zwei 1 bis $1^m,5$ von einander entfernte Dammfalze, deren Zwischenraum mit Mist oder guter Klaierde ausgestampft wird, gelegt werden. Die Sohle der Durchfahrt wird zur grösseren Sicherheit gewöhnlich in etwa halber Deichhöhe, selten auf dem Terrain angelegt. Um eine Durchströmung unter den Dammbalken zu verhüten, muss die Sohle, falls solche massiv hergestellt ist, durch eine tiefer reichende Herdmauer oder falls nur hölzerne Fachbäume unter den Dammfalzen von der einen nach der andern Seite angelegt sind, durch 1 oder 2 in den Untergrund reichende Spundwände geschützt werden; ferner müssen Pfeiler bezw. Spundwände hinter den Wangenmauern 1 bis 2^m in den Deichkörper eingreifen, um den Durchbruch des Wassers zwischen Erde und Mauerwerk zu verhüten. Wegen der geringen Dauer der Holzconstruction, der namentlich auch die Spundwände ausgesetzt sind, verdienen die mit Herdmauern und eingreifenden Pfeilern versehenen massiven Durchfahrten unbedingt den Vorzug vor den hölzernen.

§ 11. Herstellung der Flussdeiche. 1. Vorbereitung der Deichbasis. Die Deichbasis ist so vorzubereiten, dass eine innige, gegen Durchquellung sichernde Verbindung mit dem Deichkörper erzielt werde. Es sind deshalb die Rasen abzunehmen und zur späteren Verwendung regelmässig in Haufen abzulagern, Bäume und Gesträuche mit den Wurzeln zu beseitigen, Gräben oder Niederungen von Schlamm zu reinigen und die Fläche sodann durch Pflügen oder Umgraben rauh zu machen.

Die Beseitigung der Rasen wird in dem (bei Flussdeichen selten eintretenden) Falle wohl unterlassen, dass der Untergrund sehr weich ist, um ein Versinken des alsdann mit beiderseitigen flachen Böschungen anzulegenden Deiches bis auf den in grösserer Tiefe sich befindenden festen Boden zu verhüten. Sicherer ist es jedoch, den Deich über solchem weichen Untergrunde sofort bis auf den festen Boden durchzuschütten. Zu diesem Behufe wird ein Graben in der Mittellinie der künftigen Deichkrone möglichst tief ausgehoben und bei der Aufführung des Deiches die Erde über dem Graben weit höher als neben demselben geschüttet, um ein Versinken derselben an dieser Stelle herbeizuführen und den weichen Boden nach der Seite zu drängen, dagegen eine Vermischung beider und ein seitliches Ausgleiten der Deicherde zu verhüten.

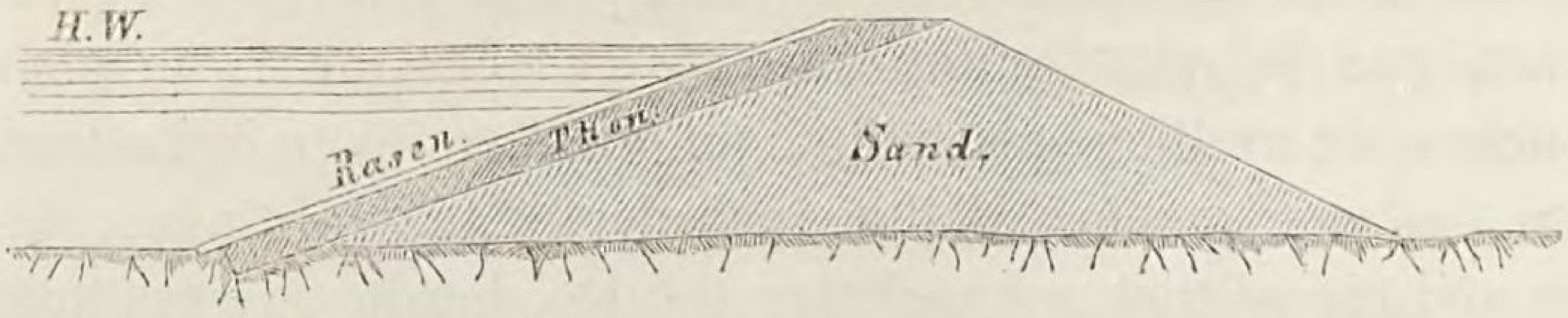
Bei der Durchschneidung eines vom Wasser durchströmten grösseren Flussarmes wird eine Coupirung aus Faschinen unter der Aussenberme ausgeführt und im Schutze derselben die Deichbasis von dem einen nach dem anderen Ufer, um den etwaigen Schlamm herauszudrängen, durchgeschüttet. Ist ein grösserer Erdver-

lust zu befürchten, so kann auch die Anlage einer schwächeren Faschinencoupirung unter der Binnenberme zweckmässig sein. Keinenfalls darf der eigentliche Deichkörper auf Faschinen liegen, indem sonst während eines längeren Zeitraumes ein durch die Faschinen veranlasstes starkes, mit dem Eintritt von Rissen verbundenes Sacken des Deichkörpers eintritt. — Wird der Deich über sandiges Terrain geführt, so ist zur Verminderung des Durchquellens die Einbringung eines 1 bis 2^m starken, möglichst tief einfassenden Kerns von thonigem Boden von günstiger Wirkung.

2. Die Deicherde. Dieselbe besteht am besten aus einem Gemisch von Thon- und Sandboden, wie es sich in den Alluvionen der Flussthäler meist in nächster Nähe darbietet (Klai), doch muss dasselbe frei sein von allen fremden Körpern, Wurzeln, Rasenstücken, Holztheilen, welche nach ihrem Verfaulen Höhlungen oder Quellen bilden oder aber Thiere anlocken können. Reiner Thon schwindet bei starker Wärme oder bei Frost so sehr, dass sich Risse bilden; reiner Sandboden giebt nicht allein zu Durchquellungen Veranlassung, sondern kann, je nach seiner Feinheit, im durchweichten Zustande einen so kleinen Böschungswinkel annehmen, dass ein Abrutschen der steiler angelegten Böschungen erfolgt. Nach Versuchen von Schelten[6]) soll der Sandgehalt, damit kein nachtheiliges Schwinden eintritt, mindestens 15%, damit die Cohäsion noch eine genügende sei, höchstens 45% der Masse ausmachen; die rückwirkende Festigkeit des Deichmaterials, welche einen Maasstab für die Zähigkeit des thonigen Bindemittels giebt, soll mindestens 20^k pro $\square^{cm}$ betragen. Vegetabilische Erdarten (Humus, Gartenerde) sind gleichfalls nicht wasserdicht, locken Thiere (Maulwürfe, Mäuse u. s. w.) an, welche in solchem Boden gute Nahrung finden, und sind bei hohem Gehalte an vegetabilischen Stoffen sogar der Zersetzung unterworfen; moorige Erde ist wegen ihres geringen Gewichtes ganz untauglich.

Ist nur Sand vorhanden, so muss dem Deiche eine grössere Stärke durch Verbreiterung der Krone oder durch flachere Anlage der Böschungen gegeben werden, um durch die grössere Länge der vom Wasser zu durchziehenden Adern einen grösseren Widerstand zu erzeugen und das Abrutschen der durchweichten Böschungen zu verhindern; z. B. ist in der Cleve'schen Deichordnung bestimmt, dass die Aussenböschung der Sanddeiche 5 bis 6 fach, dagegen die der thonigen Deiche (Klaideiche) nur 4 fach genommen werde. Die Herstellung eines möglichst tief in den sandigen Untergrund reichenden Thonkernes, welcher zur Verhütung der Abtrennung gleichmässig mit dem Sande und in dünnen Lagen eingebracht werden müsste, würde zwar (wie bei Thalsperren oder Wasserreservoirs) die Durchquellung verhindern, aber die Aussenböschung nicht vor Beschädigungen (Schölungen) schützen. Der zur Verfügung stehende thonige Boden wird eventuell an die Aussenböschung gebracht, wo er, geschützt durch die Rasenbedeckung, auch dem Wellenschlage kräftiger widersteht (siehe nebenstehende Fig. 8); je nach der Feinheit des Sandes und der Heftigkeit der Angriffe ist die Lage $0^m,3$ bis 1^m stark anzunehmen.

Fig. 8.



Die Deicherde wird aus dem Vorlande zwischen der Aussenberme und dem Uferstreifen aus Gruben gewonnen, deren Tiefe sich nach der Beschaffenheit des

[6]) Ueber Güte und Widerstandsfähigkeit von Deichmaterialien. Zeitschr. f. Bauw. 1877, S. 351.

Bodens, der Breite des Vorlandes und der späteren Benutzung der Fläche richtet. Entweder werden einzelne tiefere Gruben, zwischen denen Dämme zur Verhütung einer lebhafteren Durchströmung verbleiben, ausgegraben, wobei auf eine baldige Ausnutzung dieser nur Rohr (Schilf) erzeugenden Flächen, die erst nach längeren Jahren wieder allmählich durch Verschlickung sich erhöhen, verzichtet wird, — oder es erfolgt die Abgrabung in Rücksicht auf sofortige Wiederbenutzung, indem das höher gelegene Vorland nur bis zur Tiefe von Wiesen- oder Weideland abgestochen und die obere Humusschicht auf den vorher abgegrabenen Streifen wieder geworfen wird, wodurch keine erheblichen Mehrkosten entstehen und der werthvolle, für den Deich aber nur schädliche Humus erhalten wird.

Aus dem Binnenlande darf dagegen die Deicherde nur im Falle der äussersten Noth entnommen werden, da sich die abgegrabenen Flächen dort nicht erhöhen, vielmehr Veranlassung zu vermehrter Qualmwasserbildung geben; keinenfalls dürfen die Abgrabungen aber in der Nähe des Deiches angelegt werden, wo sie in Bezug auf Qualmwasser besonders nachtheilig wirken und bei grösserer Tiefe selbst (gleich den Kolken) ein Versinken des Deiches herbeiführen können.

3. Die Schüttung der Deicherde. Sie erfolgt in dünnen Lagen von 20 bis 40cm Stärke, welche entweder nach aussen oder von der Mitte nach beiden Seiten abfallen (s. nebenstehende Figuren 9 und 10), damit das Regenwasser während der Ausführung ablaufen könne. Zur Verhütung der Durchquellung sind die Lagen auch wohl etwa parallel der Aussenböschung geschüttet, um keine Fuge von der Aussen- nach der Binnenböschung durchgehen zu lassen, doch ist eine so weit getriebene Vorsicht betreffs der Neigung der Lagen bei gleichmässiger Deicherde nicht nothwendig, da sich diese vermöge ihrer bedeutenden Cohäsion so verbindet, dass überhaupt keine Schichten entstehen können; nur dann ist eine solche Schüttung vorzuziehen, falls die auf die Aussenböschung zu bringende gute Deicherde (Klai) nur in geringer Menge zur Verfügung steht.

Fig. 9.

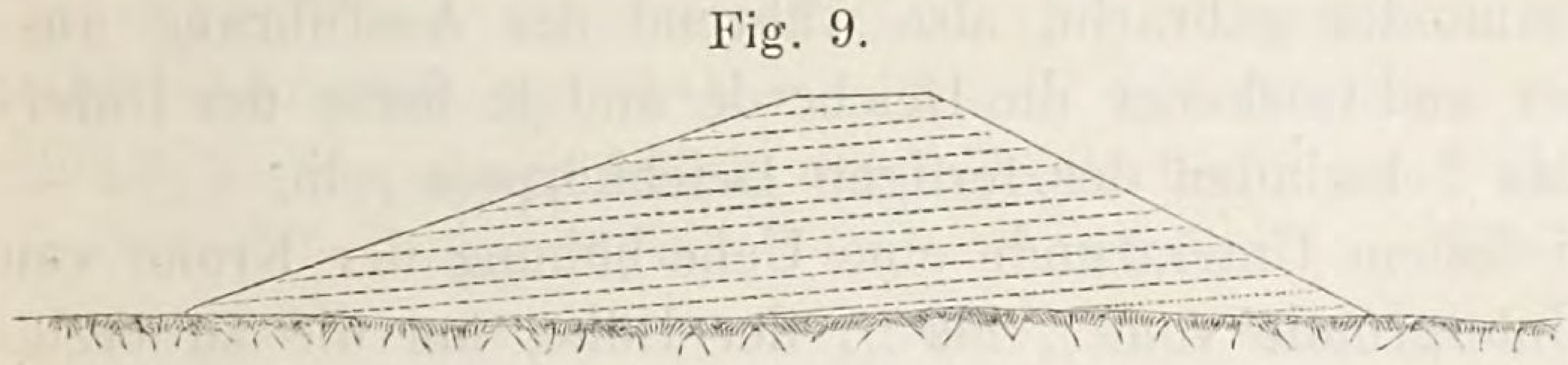
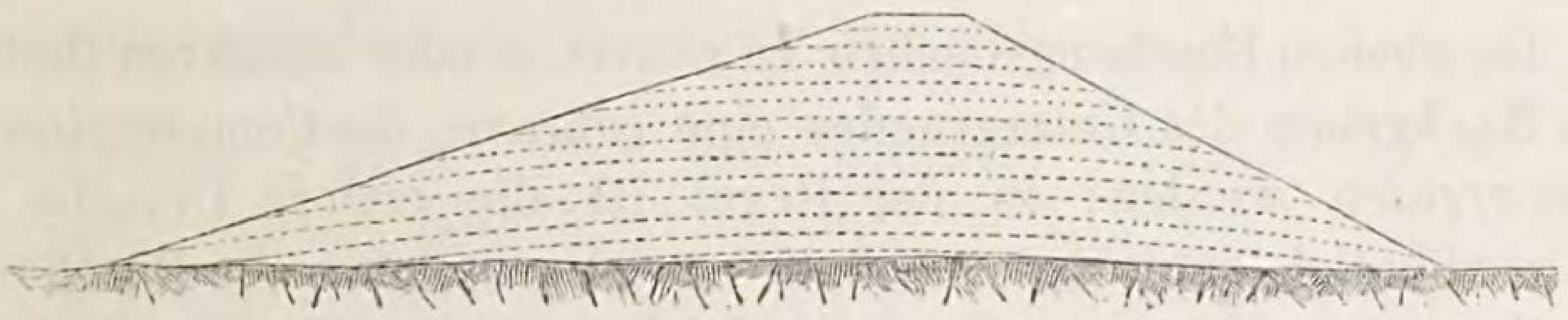


Fig. 10.



Wichtig ist es dagegen, die einzelnen Lagen nur so stark zu nehmen, dass sie nach ihrer Schlichtung durch Stampfen und Abrammen tüchtig comprimirt werden können, um einen wasserdichten, widerstandsfähigen Deichkörper herzustellen und ein nachträgliches und namentlich ungleichmässiges Schwinden desselben zu verhüten, wodurch an Stelle der ebenen Böschungsflächen Höhlungen und Buckel entstehen und bei weichem Untergrunde selbst ein theilweises Versinken des Deiches veranlasst werden kann.

4. Das Schwinden, Setzen oder Sacken des Deiches. Ursachen desselben sind:

a. Das Nachgeben des Untergrundes, in welchen der Deichkörper einsinkt und zwar am meisten (oft 1 bis 2m tief) unter der Krone und von dort allmählich nach dem Auslauf der Böschungen abnehmend. Bei einem in der Tiefe schlammigen Boden kann der comprimirte Untergrund sogar in

der Nähe des Deiches wellenförmige Auftreibungen des Terrains hervorrufen, die namentlich in der Sohle eines benachbarten tiefen Grabens oder in sonstigen Vertiefungen (Kolken), wo der Gegendruck geringer ist, leicht auftreten. Solche Erhebungen dürfen keinenfalls durch Fortgraben beseitigt werden, da der Gleichgewichtszustand nur von Neuem gestört, ein tieferes Versinken des Deiches erfolgen würde.

b. Die Ausfüllung der zwischen den Erdtheilen vorhandenen leeren Zwischenräume.

c. Der durch Zusammenpressen und Verdunstung herbeigeführte Verlust des in der feuchten Deicherde enthaltenen Wassers. Durch diese Eintrocknung des Profils entstehen, falls die Cohäsion kleiner als die Contraction ist, sogar grosse Risse, welche namentlich bei schlechtem Untergrunde gefährlich werden können, so dass bei diesem nur möglichst trockene Deicherde verwendet und eine neue Lage erst aufgebracht werden darf, nachdem die vorhergehende abgetrocknet ist.

d. Die Erdtheilchen werden durch den Druck selbst comprimirt; nur bei Sandboden ist dies nicht der Fall.

Je dünner die einzelnen Lagen, je besser sie abgerammt werden, je langsamer und gleichmässiger sie über einander gebracht, also während der Ausführung ausgetrocknet werden, je sandiger und trockener die Deicherde und je fester der Untergrund, desto geringer wird das Schwinden des fertigen Deichkörpers sein.

Gewöhnlich genügt bei festem Untergrunde eine Ueberhöhung der Krone von $^1/_{12}$ der Höhe, bei weichem Untergrunde von $^1/_8$ bis $^1/_4$ der Höhe, um die zu erzielende Höhe noch nach Verlauf einiger Jahre zu behalten, vergl. die punktirten Linien in Fig. 3, Taf. XXXIV.

Durch das Schwinden können die ebenen Böschungsflächen zu convexen oder concaven (hohlen) Flächen verändert werden, indem das Nachgeben des Untergrundes eine concave, die Compression der Erdtheilchen eine convexe Form hervorrufen werden; in der Regel ist die erstere Ursache vorherrschend, so dass die alten Deiche gewöhnlich hohl sind, weshalb es sich empfiehlt, die Böschungen schwach convex bei der ersten Herstellung auszuführen; wegen der leichteren Ausführung wird statt der convexen allerdings gewöhnlich die gerade Linie gewählt, keinenfalls dürfen aber die geringsten Abweichungen von der Geraden nach der entgegengesetzten concaven Richtung geduldet werden.

Bei der Absteckung des Deiches wird die Ueberhöhung, da die Deichhöhe bei verschiedener Höhenlage des Terrains eine verschiedene, auch eine ungleiche sein; da ferner je nach den Untergrundverhältnissen das relative Sackmaass ein verschiedenes sein muss, so können sich erhebliche Unterschiede bei den einzelnen, in etwa 100^m Entfernung abzusteckenden Profilen ergeben. Die Basis des Deiches wird dagegen nach der definitiven Deichhöhe festgestellt, so dass der Deich während und unmittelbar nach der Aufführung steilere Böschungen als in seinem späteren, dem Projecte entsprechenden Zustande erhält.

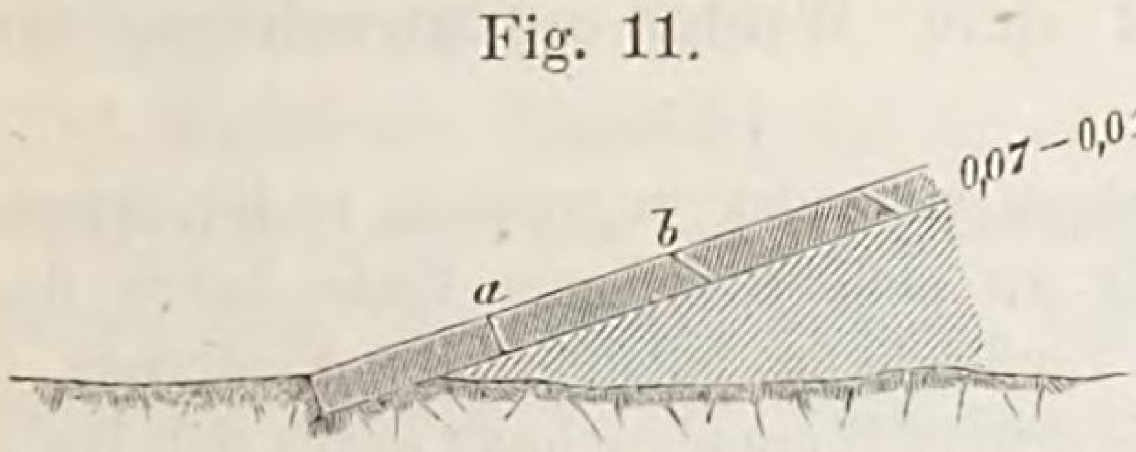
5. Die Compression der einzelnen Lagen wird besser als durch Stampfen und Abrammen, welches letztere mit grossen zweimännigen Rammen geschehen muss, dadurch herbeigeführt, dass die Deicherde mit Wagen durch Pferde oder Ochsen angefahren wird, wie dies früher, als die Grundbesitzer selbst die Deiche herstellten, in der Regel geschah. Jetzt erfolgt der Transport der Erde gewöhnlich mittelst Handkarren oder bei grösserer Entfernung mittelst Handwagen auf Bohlen, so dass das Stampfen und Rammen die Regel bildet. Nur bei sehr zähem Klaiboden mit hohem Thongehalte und mehr als 7% linearem Schwindmaass ist eine Dichtung durch Pferde, welche die fertige Lage begehen müssen, unbedingt vorzuziehen; zu diesem „Reiten“ der Deiche sind aber kräftige Thiere erforderlich und es macht meist

Schwierigkeiten, dieselben zu diesem Zwecke miethweise zu erhalten. Besteht die Deicherde aus Sand, so ist eine Verdichtung durch Stampfen vollkommen ausreichend. — Der Verbrauch an Deicherde ist wegen der Compression des Untergrundes und der einzelnen Lagen stets ein grösserer als sich durch das überhöhte Profil ergiebt; er beträgt gewöhnlich 1,1 bis 1,3 des definitiven (nicht überhöhten) Profils, kann jedoch bei weichem Untergrunde das $1^1/_2$ bis 2fache desselben ausmachen. Es erfolgt deshalb die Berechnung der Erde gewöhnlich im Abtrage.

§ 12. **Die Sicherung der Oberfläche.** Die Sicherung der Oberfläche des Deiches gegen die Angriffe durch Regen, Wellenschlag, Strömung, Eisgang, Wind u. s. w. geschieht in der Regel durch Rasen, welcher bei den Winterdeichen auf der Aussenböschung mittelst Deckrasen, auf Krone und Binnenböschung mittelst Besamung, dagegen bei den Ueberlauf- und Sommerdeichen sofort auf der ganzen Oberfläche mittelst Deckrasen gebildet wird. Auf die Herstellung der Rasendecke ist die grösste Sorgfalt zu verwenden; die Rasen werden 25 bis 30^{cm} quadratisch, 7 bis 10^{cm} stark, am besten von Viehweiden, wo sie dichter und fester als auf Wiesen sind, gestochen; feuchte Rasen werden wohl kurze Zeit in Haufen abgelagert, damit sie etwas austrocknen und nicht später an der Böschung schwinden und Fugen bilden, doch darf die Vegetationsfähigkeit darunter nicht leiden.

Die Rasen werden auf die vorher abgerammte und genau planirte Fläche vom Fusse der Böschung nach der Krone fortschreitend mit dicht schliessenden Fugen im Verbande gelegt, wobei die unterste Lage zur Verhütung des Absackens in den Boden, aus dem ein sog. „Keilspitt" genommen wird, eingreifen muss (s. nebenstehende Fig. 11) und jede folgende Reihe erst verlegt wird, nachdem die vorhergehende, soweit als nöthig, sauber abgestochen ist. Sodann wird die beraste Fläche von den kleinen Abfallstücken gereinigt, mit schweren Rasenschlägern festgeschlagen, um die Rasen noch dicht an die unteren Flächen und in einander zu pressen und endlich mit feiner trockner Erde etwas überstreut, welche Schutz vor den Sonnenstrahlen gewährt und bei Regen etwaige feine Fugen ausfüllt. An Stelle des Festschlagens ist bei sehr flachen Deichen (namentlich bei Seedeichen) und trockenem Wetter ein Ueberfahren der fertigen Rasendecke mit leeren Wagen, jedoch bei stets wechselnder Spur sehr zu empfehlen.

Fig. 11.



Die Rasen werden wohl statt mit rechteckigen mit schrägen Kanten gestochen, siehe obigen Holzschnitt bei *a*, bezw. *b*, so dass sie sich (nach Art der gemesserten Bohlen) etwas überdecken und selbst nach dem Austrocknen keine Fugen sichtbar werden; hierdurch leidet aber die Widerstandsfähigkeit der Kanten, so dass rechteckige Kanten und eine vorherige kurze Austrocknung vorzuziehen sind.

Die abzurasende Fläche ist in Folge von Bruch und sonstigen Verlusten 5 bis 10% grösser als die zu bedeckende Fläche, welche letztere bei Verdingung der Arbeiten zu Grunde zu legen ist.

Besamungen müssen auf einer Lage von fruchtbarem Boden frühzeitig genug erfolgen, um eine Begrünung im laufenden Jahre noch zu erzielen.

Steinpflaster kommt an Stelle des Rasenbelages nur auf der Aussenböschung solcher Deichstrecken vor, welche

1. dem heftigsten Eisgange ausgesetzt sind (Deichecken, Flügeldeiche),
2. wegen ungenügenden Vorlandes in steiler Böschung angelegt,
3. aus Sand ohne oder mit ungenügender Klaidecke ausgeführt werden müssen.

Das Pflaster wird aus natürlichen Steinen in 20 bis 40^{cm} Stärke, auf einer 15 bis 30^{cm} starken Unterbettung von grobem Kies oder Steinschlag (aus Ziegeln oder natürlichen Steinen) hergestellt; sowohl der Kostenersparung wegen, als auch zur Erzielung einer festeren Lage der einzeln über einander liegenden Steine werden solche Böschungen nur mit $1^1/_2$ bis 2facher Anlage, ja selbst zuweilen (z. B. an der Elbe oberhalb Hamburg) nur mit $^1/_2$ bis 1facher ausgeführt; je steiler die Böschung, um so stärker müssen die zu verwendenden Steine sein, um denselben Grad der Sicherheit gegen die zerstörenden Einwirkungen des Eises und der Wellen zu erzielen. Besteht der Deichkörper aus Sand, so ist eine, wenn auch nur $0^m,2$ starke Klailage unter dem Bettungsmaterial zur Verhütung von Ausspülungen zweckmässig.

§ 13. Zeit der Ausführung. Bei der Herstellung eines neuen Deiches ist es nothwendig, die Arbeiten schon im Frühjahre in der kräftigsten Weise beginnen und die Lagen möglichst gleichmässig auf der ganzen Deichlinie schütten zu lassen, damit bei eintretendem Sommerhochwasser nicht etwa eine heftige Durchströmung an einer einzelnen niedrigeren Stelle, vielmehr eine gleichmässige Sicherung der Ländereien und event. Ueberfluthung erfolge. Allerdings vertrocknet dann der von der Deichbasis gewonnene Rasen sehr leicht; falls daher anderer Rasen zu kostspielig ist, so kann es vorzuziehen sein, kurze Strecken des Deiches ganz fertig zu stellen und dieselben sofort zu berasen.

Je frühzeitiger der Deich vor dem Winter vollendet wird, um so grösser ist die Sicherheit, dass er sich fest ablagere und den Angriffen des Hochwassers gewachsen sei; die Berasung muss, um noch vor dem Winter anzuwachsen, nicht später als Mitte September erfolgen.

Ist die Arbeit zu umfangreich, um während eines Jahres vollendet zu werden, so ist entweder ein Theil des Deiches in voller Höhe mit Berasung fertig zu stellen und am Ende durch flache Böschung in das Terrain überzuführen, wobei eine offene Eindeichung entsteht, die Niederung also durch das rückstauende Wasser überschwemmt und die unbegrünte Binnenböschung durch den Wellenschlag leicht beschädigt wird, oder es ist der Deich in seiner ganzen Erstreckung allmählich zu erhöhen, wobei stets der fertige Theil der Aussenböschung zugleich berast wird. Hierdurch erhält die Niederung schon frühzeitiger einen theilweisen Schutz, doch ist bei überströmendem Winterwasser ein grösserer Verlust an Deicherde zu befürchten. Gewöhnlich wird sich die letztere Methode empfehlen.

§ 14. Unterhaltung der Flussdeiche. Die Unterhaltung der Flussdeiche richtet sich hauptsächlich auf die Erzielung einer widerstandsfähigen Rasendecke. Diese ist wenigstens zweimal jährlich von Unkraut, namentlich von Disteln, welches die feste Graswurzelung beeinträchtigt, zu reinigen. Aus gleichem Grunde dürfen Bäume, Hecken oder Gesträuche nicht am Deiche selbst oder in seiner unmittelbaren Nähe geduldet werden; der Tropfenfall derselben schadet dem Rasen, die Beschattung ist dem Austrocknen hinderlich, es werden Thiere durch die Wurzeln angelockt, der Deichkörper selbst kann durch die sich verzweigenden Wurzeln der grossen Bäume bei heftigem Winde leiden und letztere können auch bei der Deichvertheidigung, falls Quellen entstanden sind, hinderlich werden. Nur einige Meter vom Fusse der Aussenböschung sind Bäume oder Weiden an solchen Strecken, wo heftiger Eisgang auftritt, zu empfehlen.

Krone und Böschung werden zweckmässig und falls die Binnenböschung nicht steiler als $1^1/_2$fach angelegt ist beweidet, da der Rasen hierdurch dichter und widerstandsfähiger wird als beim Abmähen; auch werden die Maulwurfslöcher zugetreten. Die Beweidung darf jedoch, damit sich der Rasen vor dem Winter erhole, nur bis Ende September erfolgen. Bei neu hergestellten Deichen, sowie bei alten Deichen

nach längerem Regen dürfen jedoch nur Kälber und Schafe zugelassen werden, nicht aber Pferde und älteres Hornvieh, welche den weichen Rasen leicht zertreten; namentlich sind Pferde dann unbedingt auszuschliessen. Schweine und Federvieh dürfen niemals am Deiche geduldet werden.

Die durch das Schwinden der Deicherde bei grosser Wärme, Frost oder Wind entstehenden grösseren Risse müssen, um das Eindringen des Regenwassers zu verhindern, aufgegraben und mit feiner trockener Erde sorgfältig zugestampft werden. In gleicher Weise werden auch die beim Hochwasser aufgetretenen Leckstellen und Maulwurfslöcher behandelt. Die Maulwurfshügel sind zu schlichten; für Vertreibung der Maulwürfe und Mäuse ist ein häufiges Ueberwalzen der Aussenböschung mit einer schweren, durch Pferde gezogenen gusseisernen Rasenwalze, welche die Löcher zusammenpresst, zu empfehlen.

Das bei Hochwasser angeschwemmte Treibzeug (Teek oder Feek wohl genannt), bestehend aus Gräsern, Hölzern und anderen schwimmenden Körpern, muss alsbald fortgeräumt werden, damit es nicht verfaule und dem Rasen schade.

Das Betreten der Böschungen, welches namentlich in der Nähe von Häusern zu umfangreichen Beschädigungen die Veranlassung geben kann, muss durch die Anlage von Treppen oder kleinen Rampen verhütet werden.

Beim Hochwasser entstandene Löcher sind, so weit sie nicht ihrer Grösse wegen sofort nach demselben beseitigt werden müssen, durch Einbringen guter Erde, nachdem die alte Erde zur Erzielung einer innigen Verbindung umgegraben worden, auszufüllen und zu berasen.

Falls die Deichkrone nicht in Rasen, sondern als besonderer Fahrweg unterhalten wird, so muss ein wiederholtes Schlichten der Spuren und Ablassen des Regenwassers aus demselben, und in längeren Zwischenräumen eine Erhöhung der niedergetretenen Kante durch Kantrasen und eine Ergänzung der Sand- oder Kiesdecke erfolgen.

Ausser diesen kleineren Unterhaltungsarbeiten tritt bei älteren Deichen von Zeit zu Zeit die Nothwendigkeit hervor, Deichverstärkungen vornehmen zu müssen, deren Ursache in dem immer höher ansteigenden Hochwasser, in dem Schwinden des alten Deichprofils und in den mit der Zeit sich steigernden Ansprüchen auf grössere Deichsicherheit zu suchen ist. Bei solcher Verstärkung soll meist die Deichkrone erhöht und verbreitert, die Aussenböschung flacher angelegt werden, stets unter Benutzung des alten Deichkörpers und Gewinnung der Erde im Vorlande. Die Verstärkung erfolgt dann gewöhnlich unter Beibehaltung der alten Binnenböschung, indem die Aussenböschung abgerast, umgegraben, profilmässig in dünnen Lagen erhöht und berast wird. Nur sofern es an Vorland fehlt oder die Deicherde im Binnenlande entnommen werden muss, ist eine Binnenverstärkung gerechtfertigt, bei welcher aber die alte Binnenböschung aufs sorgfältigste von dem Rasen zu befreien, abzutreppen und durch Schüttung von dünnen, stark zu rammenden Lagen mit der neuen Deicherde zu verbinden ist. Da die letztere sich bei dem ferneren Schwinden sehr leicht vom alten, fest abgelagerten Deichkörper trennt, so tritt die Gefahr ein, dass das Wasser in die Fuge dringt und ein Abrutschen der neuen Deicherde erfolgt und zwar um so leichter, je kleiner die Masse derselben ist. Anstärkungen sollten deshalb nur an der Aussenseite erfolgen.

Auch Häuser sollten, falls nicht etwa die Deichkrone so bedeutende Breite und Höhe im Vergleich zu den benachbarten Strecken besitzt, dass die Gefahr einer

Durchquellung, einer Ueberströmung oder eines Bruches daselbst ausgeschlossen ist, weder an der Deichkrone noch unmittelbar an oder in der Binnenböschung geduldet werden, da sie der Deichvertheidigung hinderlich sind. In den meisten Deichordnungen wird auf die allmähliche Beseitigung der alten Häuser durch das Verbot, Umbauten oder grössere Reparaturen an denselben vorzunehmen, hingewirkt.

Wichtig ist es vor Allem, dass das Vorland genügende Breite behalte, der Strom sich dem Deiche nicht so nähere, dass er zum Schaardeiche werde; Flussregulirungsbauten (Buhnen, Parallelwerke, Uferdeckwerke) sind die geeigneten Schutzmittel.

§ 15. Die Deichvertheidigung. Unter der Deichvertheidigung (Deichdefension[7]) versteht man die während der Hochwasserzeit im Interesse der Sicherheit des Deiches zu treffenden Maassnahmen und Arbeiten. Dieselbe beginnt, sobald das Hochwasser bis etwa zur halben Höhe des Deiches angeschwollen und nach den aus den oberen Theilen des Flusses vorliegenden telegraphischen Nachrichten ein weiteres Ansteigen zu befürchten ist; es treten alsdann die Deichwachen, welche den Deich während Tag und Nacht in regelmässigen Zwischenräumen zu begehen und die erforderlichen Arbeiten zu verrichten haben, in Funktion und die nothwendigsten, namentlich gegen Wellenschlag zu verwendenden Materialien werden an den Deich geschafft oder an geeigneten Punkten in der Nähe desselben abgelagert.

Die Vertheidigung umfasst hauptsächlich die folgenden Arbeiten:

1. Gegen den Wellenschlag werden an denjenigen Theilen der Aussenböschung des Deiches, welche vor dem Winde liegen, in Höhe des zeitigen Wasserspiegels Faschinen durch schräg eingeschlagene Buhnenpfähle (am besten Hakenpfähle) mit oder ohne Würste befestigt, um den Rasen vor dem Stosse der brandenden Welle zu schützen und Beschädigungen (Schölungen, Schöllöcher) zu vermeiden, siehe Fig. 8, Taf. XXXIV, links; mit steigendem oder fallendem Wasser werden die Faschinen höher oder tiefer verlegt. An Stelle der Faschinen, welche bei heftigem Winde einer sehr sicheren Befestigung bedürfen, werden zweckmässiger Hürden (Flecken) aus Weidenruthen geflochten, 4 bis 6^{m} lang, $0^{m},6$ bis $1^{m},5$ breit, welche während der Sommerzeit zur Begrenzung der Weideflächen wieder benutzt werden können und mit Pfählen befestigt werden, verwandt.

Auch eine 10^{cm} starke Lage Schüttstroh, welche durch Strohseile oder Würste in etwa $0^{m},6$ Entfernung befestigt und auf welche bei weiterem Steigen des Wassers eine zweite Lage mit $0^{m},5$ Ueberdeckung gebracht wird, sowie durch Pfähle befestigte Strohdecken leisten denselben Dienst. Alle diese Bedeckungen müssen wenigstens $0^{m},3$ unter den zeitigen Wasserspiegel reichen und bei dem Aufbringen derselben müssen etwaige Löcher zuvor mit Dünger, Stroh oder thoniger Erde ausgefüllt werden.

Hat die Aussenböschung eine erhebliche, im weiteren Verlaufe Gefahr bringende Beschädigung erlitten, so wird sie wenn möglich durch eine starke Spreutlage von Faschinen, die durch Sandsäcke oder auch durch Würste mit Pfählen gegen Auftreiben beschwert und befestigt wird, vor weiterem Abbruche gesichert. Auch Schiffssegel, durch Sandsäcke beschwert, können im Nothfalle Schutz gewähren.

2. Die Stopfung von grösseren an der Binnenböschung hervorbrechenden Quellen, welche durch ungeeignetes Deichmaterial und durch Maulwurfsgänge ver-

[7]) Vergl. Rust. Das Deichwesen der unteren Elbe; ferner Mittheilungen von Tolle, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IX; desgl. von Hübbe, daselbst Bd. X und Loges, über Deichdefensions-Einrichtungen an der Ober-Elbe, Notizblatt d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. I.

anlasst worden, muss möglichst an der Aussenböschung erfolgen; kleinere Quellen mit klarem, keine Erdtheilchen führenden Wasser, dessen Menge nicht zunimmt, sind ungefährlich. Ist der Anfang der Quelle mittelst einer auf der Aussenböschung hin- und hergeschobenen Stange, an welcher ein Strohwisch befestigt ist, während die Ausflussöffnung an der Binnenseite beobachtet wird, oder sogar durch einen auf der Oberfläche des Wassers sich bildenden Trichter zu erkennen, so wird sie mit einem Sandsacke bedeckt; ist dies nicht möglich, so wird derjenige Theil der Aussenböschung, in welchem die Quelle muthmaasslich den Anfang nimmt, mit Pfählen und Brettern begrenzt und innerhalb derselben Mist oder thoniger Boden eingebracht. Führt auch dies nicht zum Ziele, weil die Quelle von einem entfernteren unbekannten Punkte der Aussenböschung ausgeht, so muss an der Binnenseite ein provisorischer Fangdamm (Quellkade, s. Fig. 8, Taf. XXXIV, rechts), dessen Höhe durch die Höhenlage der Quelle bestimmt wird, aus zwei Holzwänden mit Erdfüllung oder aus Sandsäcken hergerichtet werden, um das aus der Quelle hervortretende Wasser anzustauen und eine weitere Durchströmung, die namentlich dann gefährlich ist, falls das hervorquellende Wasser von Erdtheilchen getrübt erscheint, zu verhüten. Um das Auswerfen der Erde zu mässigen, kann die Quellstelle auch mit Faschinen oder Mist bedeckt und durch schwere Gegenstände z. B. Balken belastet werden.

Liegt die Quelle nahe der Kappe, so kann ein Abrammen des Deiches oder auch ein vorsichtiges Aufgraben des Deiches und Ausstampfen der Quelle unmittelbar zum Ziele führen.

Werden Durchquellungen durch eine Lage schlechter Deicherde herbeigeführt, so kann durch Ueberschütten jener Lage an der Aussenböschung mit Mist, guter Erde, Rasen, Sandsäcken geholfen werden; Arbeiten an der Binnenböschung sind fehlerhaft. — Nach beendigtem Hochwasser sind Strecken, in denen gefährliche Durchlaufstellen während der Defensionszeit beobachtet wurden, von der Kappe aus tief aufzugraben und mit guter thoniger Erde auszustampfen, um die vorhandenen Röhren der Sickerschichten abzuschneiden.

3. Um den Ueberlauf des Wassers und den Uebersturz des Eises bei einer Eisstopfung zu verhindern, werden Aufkadungen (Aufkastungen) auf der Deichkappe und zwar oberhalb des Eisdammes, soweit der Wasserspiegel aufgestaut ist, in Eile hergestellt. Es kommt hierbei gewöhnlich weniger darauf an, die Kade bis zu derjenigen Höhe aufzuführen, welche das Wasser überhaupt in Folge der Eisstopfung erreichen kann, als vielmehr darauf, die Anstrengungen des in gleicher Weise bedrohten, gegenüberliegenden Nachbars zu überbieten, dessen den Durchbruch begleitendes Nothgeschrei das Signal für das Aufhören der eigenen Gefahr ist.

Die Aufkadung erfolgt selten in grösserer Höhe als $0^m,6$ bis 1^m und mit denjenigen Materialien, welche am schleunigsten herbeizuschaffen sind: 2 Bretter (oder ein einziges breites) werden etwa $0^m,3$ von der Aussenkante auf der Deichkappe über einander aufgestellt, durch je 2 mit Bindeweiden unter einander befestigte, in etwa $1^m,5$ Entfernung eingetriebene Pfähle gehalten und nach der Aussenseite durch Mist oder gute Erde gedichtet. Sicherer ist es 2 Reihen Bretter in etwa $0^m,6$ Entfernung aufzustellen und den Zwischenraum mit Mist oder Erde auszufüllen. Vergl. Fig. 9, bezw. Fig. 10, Taf. XXXIV. Es kann alsdann bei weiterem Steigen auf dem Zwischenraum der ersten Aufkadung eine zweite einfache Aufkadung aufgebaut werden, deren Pfähle aber bis in den Deichkörper reichen müssen.

Auch Bauholz kann statt der Bretter und Steine, falls der Deich stark gefroren ist, statt der alsdann nur mit grossem Zeitverlust einzutreibenden Pfähle verwandt werden. Oder man benutzt Faschinen, namentlich gut belaubte Weiden- oder frische, mit Nadeln versehene Kiefernfaschinen, welche entweder in Bunden oder besser, nachdem 30^{cm} starke Würste von denselben gefertigt sind, über einander durch je 2 schräg eingeschlagene Pfähle befestigt und binnenseits durch Erde gedichtet werden. Im Nothfalle und bei geringerer Höhe werden auch Mist, Rasen, oder gute Erde allein zu kleinen Abdämmungen verwandt und die letzteren Materialien äussersten Falles selbst von der Binnenseite der Deichkappe abgegraben. — Um stark exponirte Deichstellen gegen Beschädigungen durch den Eisgang zu schützen, werden wohl Eisbalken zur Hochwasserzeit eingerammt; vorzuziehen ist jedoch eine solide Pflasterung.

4. Sollten Absackungen der Aussenböschung an einem Deiche, welcher an einem Flusse oder vor einer Vertiefung liegt, nachdem der Deichfuss unterwaschen ist, eintreten, so ist der letztere durch Einwerfen von Senkfaschinen, die an Stelle von Steinen auch mit schweren, guten Rasen gefüllt werden können, von Neuem provisorisch zu bilden.

5. Absackungen der Binnenböschung kommen vor, falls der Deichkörper von sandigem Materiale und längere Zeit dem Hochwasser ausgesetzt gewesen ist; namentlich entstehen sie dort, wo der Deich unmittelbar vor tiefen Kolken liegt. Die Verstärkung des Deiches wird dann durch einen auf der Aussenböschung zu bildenden Fangdamm, s. Fig. 11, Taf. XXXIV, welcher den geschwächten oberen Theil des Deiches entlastet und am besten aus 2 mit Erde oder Mist gefüllten Holzwänden oder auch im Nothfalle aus Sandsäcken besteht, herbeigeführt.

Auf einer vom Wasser durchweichten und dem Abrutschen nahen Binnenböschung Arbeiten irgend welcher Art, namentlich falls solche mit dem Einrammen von Pfählen verbunden sind, vorzunehmen, ist fehlerhaft, weil hierdurch nur eine weitere Lockerung der Erde herbeigeführt wird.[8])

§ 16. Deichbrüche und Schliessung derselben. Bei erfolgtem oder mit Sicherheit zu erwartendem Deichbruche werden Alarmsignale zur Rettung der Bewohner und zur weiteren Hülfleistung gegeben. Die Enden des durchbrochenen Deiches müssen durch Senklagen aus Faschinen möglichst rasch befestigt werden, um den Bruch auf eine kurze Länge einzuschränken; auch bei dem Eintreten einer Kappstürzung, d. h. falls die Kappe durch Ueberlauf oder heftigen Wellenschlag fortgerissen ist, muss in gleicher Weise verfahren werden.

Den Durchbruch nennt man Strombruch, falls auch das gefallene Wasser des Flusses in das Binnenland strömt, also das Vorland durchbrochen ist, Grundbruch, falls das Vorland zwischen Fluss und Deich erhalten, dagegen die Deichbasis oder der Untergrund ausgerissen ist (s. nebenstehende Figuren 12 u. 13), gewöhnlichen Durchbruch, falls die Deichbasis nicht beschädigt ist.

Fig. 12.

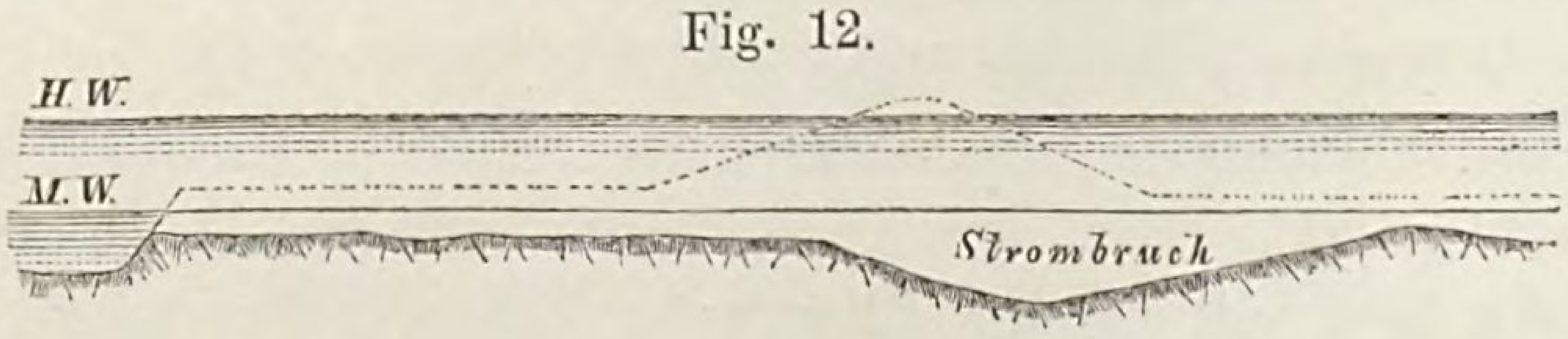
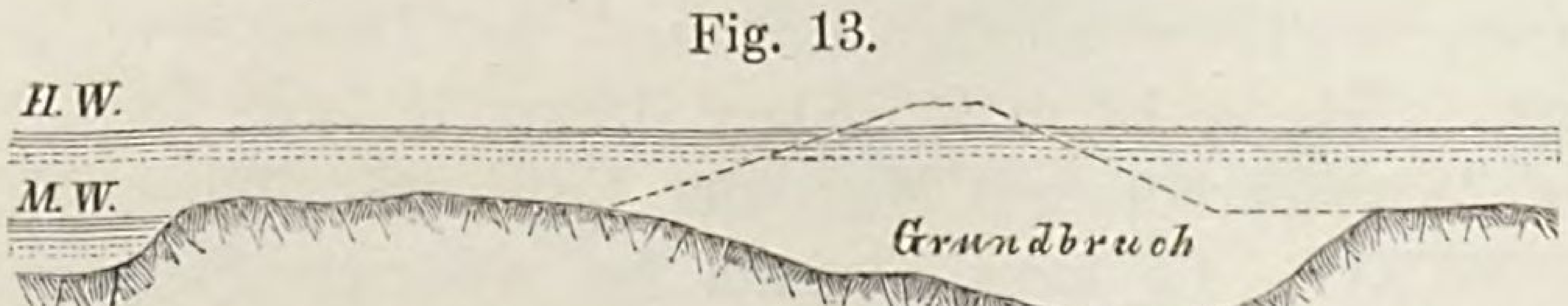


Fig. 13.



8) Vergl. auch die Erscheinungen bei dem Bruche des Reservoirdammes oberhalb Sheffield. Mittheilungen von Schönfelder in der Zeitschr. f. Bauw. Bd. XV.

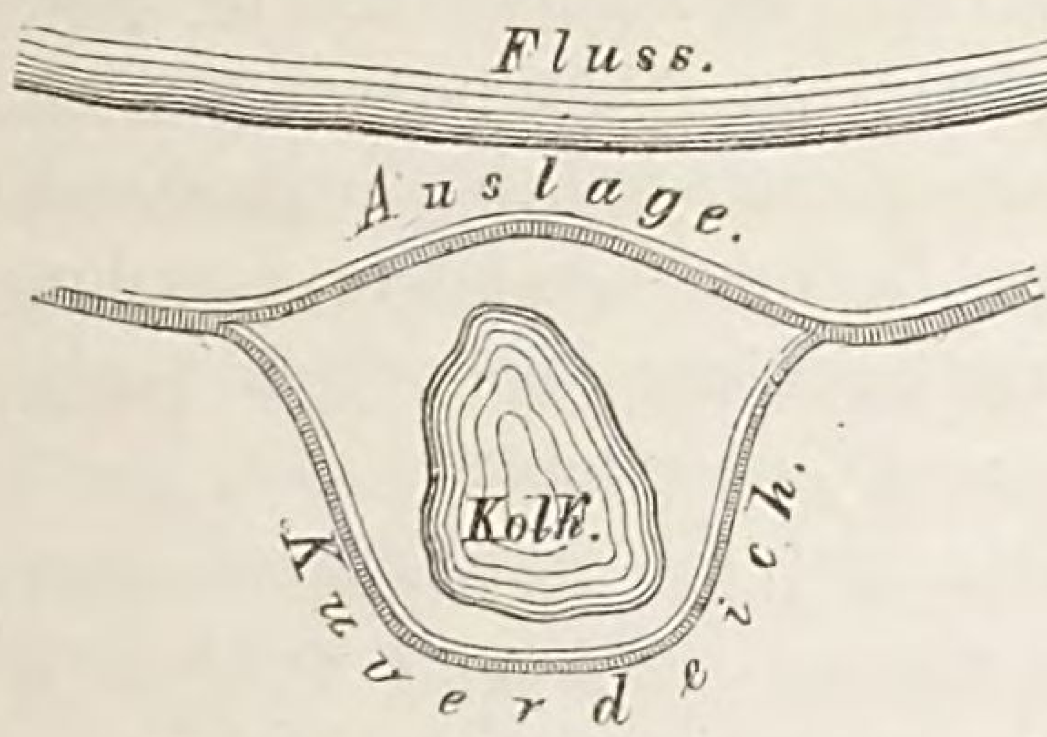
Der Grundbruch kommt am häufigsten vor; die bei der heftigen Durchströmung gebildete Vertiefung (Brack oder Kolk) erstreckt sich weniger nach dem Vorlande als nach dem Binnenlande zu und zeigt oft Tiefen von 10 bis 20^{m}.

Bei der Wiederherstellung des Deiches nach einem Strom- oder einem Grundbruche sind drei Anordnungen möglich:

1. Die Auslage (s. Holzschnitt Fig. 14), bei welcher der Kolk an der Binnenseite verbleibt; es ist dies wegen der geringen Länge des neuen Deiches die billigste, übrigens mit nachhaltigen Gefahren verknüpfte Lage, welche in der neueren Zeit selten gestattet wird. Der neue vorspringende Deich wird hierbei den Wellen, dem Eisgange und der Strömung stark ausgesetzt und dicht hinter demselben verbleibt der tiefe Kolk, welcher für alle Zeiten der Nutzung entzogen wird und Veranlassung zu vermehrtem Quellwasser und zu Abrutschungen der Binnenberme giebt. Durch Anlage eines besonderen Kuverdeiches lassen sich die letzteren Uebelstände allerdings einschränken. In früheren Zeiten bildete die Auslage die gewöhnliche Herstellung.

2. Die Einlage (s. Holzschnitt Fig. 15), bei welcher der Kolk aussendeichs verbleibt, so dass derselbe im Laufe der Zeit verschlicken kann; der neue Deich

Fig. 14.



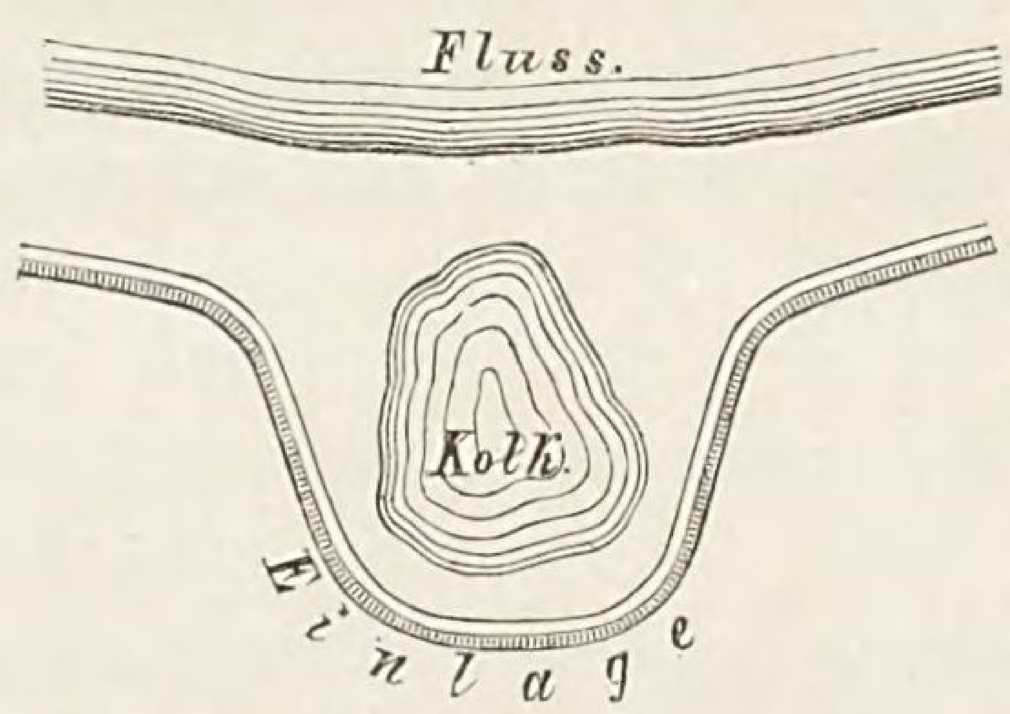


Fig. 15.

muss dann allerdings eine sehr grosse Länge erhalten, so dass die Anordnung zwar die beste, aber auch die kostspieligste ist; sie wird nur dann nicht zur Ausführung gebracht, falls sich der Kolk übermässig nach dem Binnenlande erstreckt, in welchem Falle

3. die Beibehaltung der früheren Lage (Durchdeichung) vorzuziehen ist, welche sich wegen der geringen Deichlänge auch empfiehlt, sofern der Kolk nur geringe Tiefe hat. Bei grosser Tiefe werden Faschinen-Coupirungen (aus Sinkstücken oder im Packwerksbau hergestellt) zur Begrenzung der unteren Erdschichten in der im § 25 dargelegten Weise angewandt. Da der Deich auf triebsandigem Boden und vor einem Kolke liegt, so wird stets ein Qualmdeich ausgeführt werden müssen.

Die Wiederherstellung des Deiches beginnt gewöhnlich erst, nachdem das Vorland wasserfrei und also zur Gewinnung von Deicherde geeignet ist, doch können provisorische Abdämmungen, namentlich eine Coupirung des Durchbruches bei einem Strombruche, auch schon früher nothwendig werden, um das Eindringen des Wassers in das Binnenland zu unterbrechen. Sofern die vorhandenen Siele zur Ableitung dieses Wassers nicht ausreichen, kann eine Durchstechung des Deiches an seinem unteren Ende erforderlich werden; bei langgestreckten Deichverbänden ist sogar ein Durchbruch des eingeströmten Wassers am unteren Ende von innen nach aussen, ein sog. Rückbruch, zu befürchten.

Bei heftiger Durchströmung des Binnenlands werden nicht allein Löcher ausgerissen und fruchtbare Culturen fortgespült, sondern namentlich umfangreiche Ver-

sandungen d. h. Ablagerungen von sterilem Flussande herbeigeführt. Letztere finden selbst bei gewöhnlichen Grundbrüchen statt und bilden dann zuweilen den einzigen, den Grundstücken zugefügten Schaden. Die befruchtenden Schlickablagerungen wirken nur vortheilhaft und eine nicht lange andauernde und bei kalter windstiller Witterung eintretende Ueberschwemmung ist, im Gegensatze zu dem Qualmwasser, ohne Nachtheile für die Saaten.

B. Seedeiche.

§ 17. Vorkommen der Seedeiche. Die an Küsten und Flussmündungen vorkommenden Deiche werden Seedeiche genannt. Dieselben werden am offenen Meere indess nur ausnahmsweise hergestellt, da dieses entweder von Sanddünen oder von Felsen begrenzt zu sein pflegt. In geschützten Buchten, hinter Inseln oder hinter den bei Niedrigwasser trocken laufenden sog. Watten dagegen ist die Bildung von Marschen möglich und eine Eindeichung derselben mit Erfolg ausführbar.

Es muss späteren Besprechungen vorbehalten bleiben, die Vorgänge bei Entstehung der Marschen näher zu erörtern. Hier genügt es, darauf hinzuweisen, dass einerseits die gewaltigen Schlickmassen, welche die Flüsse dem Meere zuführen, andererseits der Boden jener Seemarschen, welche vor Jahrhunderten in Folge zerstörender Deichbrüche zu Grunde gingen, das Material zu einer fortwährenden Marschbildung liefern, während der Transport der Massen namentlich durch die Fluth des Meeres besorgt wird. Da ein Anwachsen des Bodens besonders an den grossen Buchten der niederländischen und deutschen Nordseeküste beobachtet wird, so kommen an den genannten Stellen fast alljährlich neue Eindeichungen vor, durch welche der alte Deich in einen Schlafdeich verwandelt und die alte Marsch immer mehr den Gefahren der Ueberschwemmung entzogen wird. Von einer solchen fortschreitenden Einpolderung giebt Fig. 7, Taf. XXXV ein anschauliches Bild.

Die unteren Theile der Flüsse befinden sich, insoweit die Fluthwelle eine aufwärts gerichtete Strömung zwei Male täglich veranlasst, in ähnlicher Lage wie die Meeresbuchten; die Seedeiche müssen daher (gleich den Rückstaudeichen an den Nebenflüssen) an denselben hinaufgeführt werden und gehen allmählich in Flussdeiche über. Neue Eindeichungen kommen hier fast niemals vor, da die Seedeiche der Flüsse gleich anfänglich so weit vorgeschoben wurden, dass die Aufführung neuer Deiche wegen der zu geringen Breite des einzudeichenden Vorlandes nicht lohnend erscheinen würde; ferner würde nach der Verminderung der Profilbreite auch die Fluthwelle weniger kräftig einzudringen und daher bei der Abströmung eine weniger kräftige Spülung und Vertiefung des Fahrwassers auszuüben vermögen.

Die kleineren sowohl unmittelbar in das Meer als in die grossen Flüsse mündenden Gewässer werden gewöhnlich mittelst einer im Hauptdeiche anzulegenden Deichschleuse (Siel) vor dem Eindringen der Fluthwelle geschützt. Dies ist für die Abwässerung am günstigsten und die Kosten des Bauwerks sind geringer als diejenigen, welche durch die Herstellung und Unterhaltung von Deichen entstehen würden.

Man hat selbst bei Gewässern von mittlerer Grösse, in welche früher die Fluthwelle ungestört einzudringen vermochte, so dass in älterer Zeit Deiche angeschüttet waren, später noch Deichschleusen aufgeführt (z. B. ist dies bei der Hamme, einem Nebenflusse der bei Vegesack in die Weser einmündenden Lesum, im Jahre 1875 geschehen[9]), um alle höheren Fluthen von dem Flusse

[9]) Vergl. H. Tolle. Stau- und Schiffahrtsschleuse in der Hamme bei Ritterhude. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1878, S. 323.

zurückzuhalten; indem man aber in Zeiten, wo nur ordinäre Fluthen zu erwarten sind, die Schleusen öffnet, vermag die Fluthwelle ihre günstige Wirkung auf Vertiefung des Fahrwassers und Zuführung von schlickreichem, zur Bewässerung zu benutzenden Wasser auszuüben. Durch das Abschliessen der Fluthwelle von einem solchen in der Nähe der Fluthgrenze einmündenden Nebenflusse wird in der Regel die Einwirkung der Fluthwelle auf den Hauptfluss in Bezug auf das Fahrwasser in günstiger, in Bezug auf die hohen Wasserstände und die vorhandenen Deiche in ungünstiger Weise beeinflusst werden.

Diejenigen Deiche, welche man sowohl in einzelnen Fällen an der Nordsee als auch an der Ostsee im Anschlusse an die Dünen und zwischen denselben findet, sind nicht als eigentliche Seedeiche anzusehen, sondern als künstlich aufgeführte Theile der Dünen; diese Anlagen werden somit im XV. Capitel näher besprochen werden.

§ 18. Eintheilung und Nachtheile der Seedeiche. Auch bei den Seedeichen unterscheidet man Winterdeiche (Hauptdeiche, Banndeiche, Schaudeiche) und Sommerdeiche; die ersteren sollen Schutz vor den höchsten, überhaupt beobachteten Fluthen, die letzteren nur vor den im Sommer häufig eintretenden Fluthen gewähren. Die Sommerdeiche kommen jedoch nur auf dem Aussendeichslande der Hauptdeiche, vergl. Fig. 7, Taf. XXXV, und selten vor.

Auch kommen Binnendeiche, zum Schutze vor dem Binnenwasser, Schaardeiche und Schlafdeiche wie bei den Flussdeichen vor. Flügeldeiche finden sich zum Schutze des Hauptdeiches an besonders exponirten Stellen, z. B. scharfen Ecken, jedoch sehr selten. Die Unterhaltung derselben ist eine so kostspielige, dass es in der Regel vorzuziehen ist, den Hauptdeich in der kräftigsten Weise zu schützen.

Sturmdeiche sind Deiche, welche hinter einem im stärksten Angriffe liegenden Hauptdeiche in seltenen Fällen aufgeführt werden, um nach dem Bruche des letzteren noch das Binnenland zu schützen.

Fluth- bezw. Ebbedeiche werden diejenigen Deiche genannt, welche normal zur herrschenden Fluth- bezw. Ebbeströmung liegen.

Nach dem Materiale, welches zum Schutze der Aussenböschung verwandt ist, spricht man von Rasen-, Stroh-, Rohr-, Holz-, Busch-, Stein-, Wierdeichen. Ferner unterscheidet man bei den Seedeichen der Flussmündungen wohl Grodendeiche, welche grünes festes Vorland besitzen, von Schlickdeichen, bei denen das Vorland aus weichem, unbegrüntem Schlick besteht und von Uferdeichen, welche mit ihrem Fusse die Uferlinie berühren.

Durch die Anlage von Seedeichen wird leicht eine Verminderung der Vorfluth herbeigeführt. Ursache derselben ist namentlich die im Laufe der Zeit durch Austrocknung und dichtere Ablagerung sich vollziehende Senkung des Bodens, welche hier, wo die thonigen Ablagerungen sich in weit grösserer Mächtigkeit und oft auf sehr compressibelen Lagern von Moor oder von Darg (Schilf- und Rohrlagern) finden, auch weit bedeutender sind als bei den Flussmarschen. Es lässt sich mit Bestimmtheit voraussetzen, dass die älteren Seemarschen zur Zeit der Eindeichung mindestens in der Höhe der ordinären Fluth gelegen haben, indem sonst die Herstellung der Deiche eine zu schwierige gewesen sein würde; sie liegen dagegen zur Zeit fast ohne Ausnahme unter dem Spiegel derselben und haben zum Theil (namentlich in den niederländischen Provinzen Nord- und Süd-Holland) ihre natürliche Vorfluth ganz verloren, so dass sie der künstlichen Entwässerung durch Schöpfmaschinen bedürfen, vergl. Cap. XII, § 20 bis 23.

Dass sich seit der Eindeichung der Seemarschen die Fluthverhältnisse erheblich geändert haben, ist nicht anzunehmen; auch einer allgemeinen Bodensenkung der Tiefebene kann die relativ niedrige Lage aller älteren Seemarschen nicht zugeschrieben werden; eine solche hat zwar in vorgeschichtlicher Zeit stattgefunden, doch ist dieselbe ohne Einfluss auf die durch Austrocknung und

festere Ablagerung sich vollziehende allmähliche Senkung der Marschen, welche auch zur Zeit noch stattfindet. In den Einpolderungen an der deutschen Küste der Dollarts ist diese Senkung zu 0,7 bis 1,1cm durchschnittlich pro Jahr beobachtet worden.[10])

Bei den unmittelbar an der See gelegenen Marschen übt ferner das durch Aufschlickung hervorgerufene Anwachsen der Watten einen nachtheiligen Einfluss auf die Vorfluth aus, indem der Entwässerungscanal zwischen dem Deiche und der offenen See (das Aussentief) eine immer grössere Länge erhält und einen immer grösseren Theil des nutzbaren Gefälles consumirt. Für die Deiche selbst ist diese Aufschlickung des Aussendeichlandes und der Watten, da sie auf eine Ermässigung der Wellen hinwirkt, von günstigem Einflusse. Nur bei denjenigen Seedeichen an den Flüssen, welche in Flussdeiche übergehen, können die aus der Hochwassermenge und den Eisverhältnissen hervorgehenden Gefahren auftreten, welche im § 3 näher erörtert sind.

§ 19. Geschichtliches über Seedeiche. Die Seedeiche der niederländischen und deutschen Nordseeküste reichen bis in späte Zeiten zurück. Wahrscheinlich haben schon vor dem Eindringen der Römer einzelne, wenn auch ungeregelte Bedeichungen in den von den Batavern bewohnten Landstrichen an den Rheinmündungen bestanden. Jedenfalls zog der römische Feldherr Drusus, welcher 10 Jahre vor Chr. Geb. Holland eroberte, dort neue Canäle, sowie kunstgerechte Deiche[11]); Plinius der Aeltere macht die Mittheilung, dass das Volk, aus Schilf und Binsen sich Stricke und Netze zum Fischfang flechtend, nur in Hütten auf Hügeln (den sog. Wurthen) wohne, welche, von Menschenhand aufgerichtet, Schutz vor den Fluthen gewährten.

Diese Wurthen erhoben sich aus den weiten, baum- und strauchlosen Sumpfebenen, welche der träge Fluss in zahlreichen grossen und kleinen Armen durchfloss. Hohe Rohr- und Binsenfelder bedeckten die niedrigen Flächen, so weit das Wasser noch ohne Salzgehalt war, sie wurden durch die Eisschollen abgemäht, durch die Fluth- und Ebbeströmung längere Zeit auf- und ab-, sowie zusammen getrieben, um dann zu versinken, zu verschlicken und als „Darg“ jene torfartigen Massen zu bilden, welche jetzt sowohl als unterste Lage des Marschbodens, also unmittelbar auf dem Sande, als auch im Klai selbst in Lagen von verschiedener Stärke gefunden werden. Die ersten Bewohner der Wurthen gehörten, nach den Spuren zu urtheilen, welche man vor einigen Jahren an der Nordküste des Jadebusens in brunnenartigen, aus Dargrasen gebildeten Vertiefungen gefunden hat[12]), — einer wohl Jahrtausende hinter uns liegenden Zeit an.

Erst als die Wurthen sich vermehrten vereinigten sich die Bewohner zu gemeinsamer Anlage von Deichen; urkundlich sind im 10. und 11. Jahrhundert seitens des Erzbischofs von Bremen eingeborene Holländer zum Deichbau nach den bremischen Marschen berufen worden und die älteren niederländischen Deiche, welche noch jetzt bestehen, sind gleichfalls im 11. und 12. Jahrhundert errichtet.

Die Deiche waren jedoch anfänglich nur schwach, so dass die Wurthen als Wohnplatz und namentlich für Kirchen und Begräbnissplätze noch beibehalten wurden. Jede hohe Sturmfluth war mit zahlreichen Deichbrüchen begleitet und es wurden namentlich in den Sturmfluthen des 13. Jahrhunderts grosse Theile der Marschen, darunter der jetzige Jadebusen im Jahre 1218 und der Dollart im Jahre 1277 mit vielen Ortschaften vom Meere verschlungen.

Die jetzigen Nordseemarschen von der Spitze Nordhollands unweit der Insel Texel bis Jütland werden etwa die Hälfte derjenigen Flächen, welche noch unter Karl dem Gr. vorhanden waren,

[10]) Reinhold's Mitth. in Crelle's Journ. f. d. Bauk. Bd. XIII. S. 308.

[11]) Reinhold's Mitth. in Crelle's Journ. f. d. Bauk. Bd. XIII. S. 107, woselbst auch Angaben über ältere Literatur, ferner Westerhoff. Geschiedenis van ons dijkwezen. Groningen. 1865.

[12]) H. Allmers. Das Marschenbuch. Oldenburg. 2. Aufl.

bilden; ihre Zerstörung begann bereits in vorgeschichtlicher Zeit mit der sagenhaften, den Durchbruch des zwischen Frankreich und England jetzt bestehenden Canals begleitenden cimbrischen Fluth. Die vielfach zerrissene Küste, die lange Reihe der Inseln, welche einst mit dem Festlande zusammenhingen, geben Zeugniss von den furchtbaren Angriffen, welche die Marschen haben ertragen müssen.

Erscheinen schon die Flussdeiche als mächtige Hebel einer höheren Cultur, so beginnt mit den Seedeichen die Geschichte der Marschbewohner, ein furchtbarer Kampf gegen die Elemente, in dem der Mensch oft genug unterlag und von dessen Bedeutung die alten Deichordnungen mit ihren drakonischen Strafen einen Beweis liefern.

Seit der mit grossen Umgestaltungen an der schleswigschen Küste verbundenen Fluth von 1634 sind jedoch erhebliche Zerstörungen an der deutschen Nordseeküste nicht eingetreten, vielmehr hat man durch vielfache Einpolderungen (in Schleswig „Kooge“ genannt) das früher verschlungene Land dem Meere und zwar in besserer Güte zum Theil wieder abgerungen. Es sind z. B. an der linksemsischen Seite des Dollarts, soweit derselbe zu Deutschland gehört, von 1605 bis 1877 acht Einpolderungen vorgenommen worden. Falls die im heftigen Angriffe sich befindenden Inseln, welche jetzt das Bollwerk des Festlandes bilden und zum Theil künstlich befestigt sind, fortgerissen oder durch andere Ursachen die gegen die Deiche anstürmenden Fluthwellen heftiger geworden sein sollten, so wird dieser Kampf, den die friesische Bevölkerung seit Jahrhunderten mit Energie geführt, von Neuem heftig entbrennen.

Aber auch bei den jetzigen Verhältnissen ist es nicht ausgeschlossen, dass bei besonders ungünstigen und lange andauernden Stürmen Fluthen entstehen, welche die bisher beobachteten so erheblich übersteigen, dass die Deiche in grosser Ausdehnung trotz der erheblichen Dimensionen durchbrochen und die grössten Zerstörungen hervorgerufen werden.

§ 20. Die Lage der Seedeiche. Die in den § 5 bis 16 über die Flussdeiche gemachten Darlegungen haben in den meisten Punkten auch für die Seedeiche Gültigkeit; es soll im Nachstehenden daher nur das Abweichende besonders hervorgehoben werden. Bei Festlegung der Richtungslinie, vergl. § 5, braucht nicht, wie bei den Flussdeichen, die Hochwassermenge berücksichtigt, also eine Profilbreite inne gehalten zu werden, es fällt also die im § 5 unter 1 aufgestellte wichtige Bedingung fort. Eine übermässige Verschiebung von neuen Seedeichen an einer tief eingeschnittenen Meeresbucht oder an der unteren Flussmündung wird allerdings die in die letztere eindringende Fluthwelle beschränken und hierdurch die als Spülstrom wirkende ausgehende Strömung, welche für die Fahrwassertiefe maassgebend ist, vermindern, doch sind im Allgemeinen daraus keine Nachtheile für den Seedeich selbst zu befürchten.

Zu 2, (S. 578). Es muss der Deich, um vor Beschädigungen gesichert zu sein

a. nicht von der zur Zeit der Sturmfluthen stattfindenden Strömung und namentlich nicht von dem Hauptwellenschlage, getroffen werden. Die Deichbrüche der Seedeiche werden nicht durch Ueberlauf bei Eisstopfungen oder durch Quellöcher, sondern fast nur durch die Wellen hervorgerufen und kommt es daher hauptsächlich darauf an, den Deich so anzulegen, dass der Wellenschlag möglichst wenig wirken könne. Die Wellen werden aber um so stärker sein, je mehr der Deich normal zu den während der Sturmfluthen herrschenden Winden, welche an der deutschen Küste die nördlichen, nordwestlichen und westlichen, an der niederländischen Küste auch die südwestlichen sind, liegt.

b. Die Breite des Vorlandes (Aussendeichlandes, Aussendeichs) muss bei denjenigen Seedeichen, vor denen nicht eine ausgedehnte Wattfläche, (welche die Regel bildet), vielmehr ein Meeresufer mit heftigen Strömungen liegt, möglichst gross angenommen werden, um sicher zu sein, dass sich ein etwaiger Uferabbruch dem Deiche überhaupt nicht oder wenigstens erst in sehr ferner Zeit nähern werde, und damit die Wellen durch das Vorland, auf dem sie sich wegen der geringeren Wassertiefe weniger stark ausbilden können, gemässigt werden. Die Breite des Vorlandes ist hiernach allein aus den Localverhältnissen zu bestimmen; sie wird von Woltmann zu 113^m bis 135^m, von Caland bei ungünstiger Lage 300^m, von Brünings zu 375^m angegeben, wobei die Maasse von der Uferlinie bei Niedrigwasser (ordinärer Ebbe) bis zum Deichfusse gelten. Jedenfalls muss die Vorlandsbreite so gross sein, dass nach Abgang eines Uferstreifens von mindestens 10 bis 20^m, eines Sicherheitsstreifens vor der Aussenberme und der zwischen den Gruben zu belassenden bis 6^m breiten Dämme noch die Erde zum Bau und zur Unterhaltung des Deichs aus dem Vorlande genommen werden könne, wobei wegen der etwaigen starken Deichsenkungen von vornherein ein Zuschuss von 30 bis 60% des Deichprofils für die erste Anlage anzunehmen ist. Die Erhaltung des Vorlandes ist, da die Heftigkeit der Wellen von der Breite desselben abhängt und ein schaar liegender Seedeich nur mit dem grössten Kostenaufwande zu unterhalten ist, noch weit wichtiger als bei Flussdeichen und muss daher rechtzeitig durch Uferbauten (vergl. Cap. XV) erzielt werden. Keinenfalls sollte die Vorlandsbreite auf weniger als die Hälfte der oben angegebenen Abmessungen durch Abbruch vermindert werden; bei nicht rechtzeitiger Ufersicherung hat man oft die weit kostspieligere Zurücklegung des Deiches zur Ausführung bringen müssen.

Die Bedingungen unter c und d (S. 578), wonach der Deich ohne scharfe Ecken und über guten Boden geführt werden muss, sind auch hier zutreffend, während

e. grössere Vertiefungen bei Anlage der Seedeiche nicht vorzukommen pflegen, dagegen wohl tiefe Wasserläufe (Priele) für das abfliessende Fluthwasser, welche, falls sie zugeschlickt sind, zu starken Versinkungen und selbst Durchbrüchen führen können und deshalb thunlichst aussendeichs zu lassen sind.

3. Mit der kürzesten Linie muss eine möglichst grosse Fläche eingeschlossen werden, um eine hohe Rente zu erzielen. Da neue Einpolderungen in der Regel ausschlieslich im Interesse eines erhöhten Ertrages ausgeführt werden, so ist diese Bedingung von weit grösserer Bedeutung als bei den Flussdeichen, bei denen auch die Flussregulirungsaufgaben zu berücksichtigen sind.

4. Die Grundstücke müssen so hoch liegen, dass ihre künftige Entwässerung, unter Beachtung der durch Austrocknung und dichtere Ablagerung zu erwartenden Senkung, gesichert ist. Sowohl in Rücksicht hierauf, als auf die leichtere Herstellung und Unterhaltung des Deichs und auf die grössere Güte des Landes ist es dringend zu empfehlen, nur die wenigstens $0^m,3$ über dem ordinären Fluthspiegel gelegenen, jedenfalls aber nur die mit fest begrünter Grasnarbe bedeckten, also über ordinärer Fluthhöhe liegenden Grundstücke einzupoldern; alle niedriger gelegenen Flächen, also auch diejenigen, auf denen nur erst der blätterlose Queller, *salicornia herbaica*, in Höhe von etwa $0^m,3$ unter ordinärer Fluth vorkommt, sind auszuschliessen. Bei solchen fest begrünten Grundstücken lässt sich mit Sicherheit annehmen, dass da, wo der Fluthwechsel erheblich, etwa gleich $2^m,5$ bis $3^m,5$, wie dies an der ganzen deutschen Nordseeküste der Fall ist, die natürliche Entwässerung auch nach der

Austrocknung bis auf ferne Zeiten erhalten bleibe; bei geringem Fluthwechsel, z. B. an der Zuider See mit einem Fluthwechsel von $0^m,2$ bis $1^m,2$, kann leicht die ganze Vorfluth durch die Bodensenkung verloren gehen. Man kann den Deich allerdings bei starkem Fluthwechsel, ohne eine mangelhafte Entwässerung vorläufig befürchten zu müssen etwas bis auf das Watt vorschieben, falls solches so fest ist, dass eine übermässige Senkung nicht befürchtet zu werden braucht, und die fernere Erhöhung des Vorlandes bestimmt anzunehmen ist; treten jedoch erhebliche Senkungen des Deichs ein, wächst das Watt nicht bald bis zu begrüntem Vorlande an, so können die Mehrkosten, welche aus dem erhöhten Erdbedarf, aus der schwierigen Gewinnung der Erde, sowie aus der kostspieligeren Sicherung und Unterhaltung des Schlickdeichs erwachsen, sehr leicht die durch die grössere eingepolderte Fläche erzielten Vortheile beträchtlich überschreiten. Es verdient daher den Vorzug, entweder die Einpolderung noch einige Decennien hinauszuschieben und inzwischen auf Erhöhung des Wattes durch künstliche Anlagen hinzuwirken oder aber den Deich weiter zurück zu verlegen und sich mit einer kleineren, aber in Anlage und Unterhaltung ungleich billigeren Einpolderung zu begnügen. Die normalen Höhenverhältnisse einer Einpolderung sind durch das schematische Profil Fig. 1, Taf. XXXV dargestellt.

Sommerdeiche werden nur auf begrüntem Vorlande angelegt und zwar unter Berücksichtigung der vorstehend unter 2 und 3 hervorgehobenen Gesichtspunkte; es ist jedoch selbstverständlich nicht nothwendig, eine so erhebliche Vorlandsbreite wie bei den Winterdeichen anzunehmen.

§ 21. Das Querprofil (Bestick) der Seedeiche. Von denjenigen Kräften, die im § 6 näher erörtert sind, hat nur der Wellenschlag maassgebenden Einfluss auf das Querprofil der Seedeiche. Allerdings kann auch das von der Fluth und Ebbe auf- und abgetriebene Eis, falls es durch höhere Fluthen gegen die Aussenböschung getrieben wird, grössere Schöllöcher hervorrufen, es ist jedoch höchst selten beobachtet, (z. B. bei der sog. Eisfluth von 1511, welche am Jadebusen grosse Zerstörungen anrichtete,) dass die Eisschollen zur Zeit der höchsten, für die Deiche maassgebenden Sturmfluthen den Angriff verstärkt haben, weil sie entweder von der heftigen Wellenbewegung zerbrochen werden oder gleich anderen schwimmenden Körpern die letztere mässigen. Auch können schlechte Deicherde oder Maulwurfsgänge nur in geringem Grade wirken, da der durch Sturmfluthen erzeugte hohe Wasserstand nur einige Stunden anhält, so dass eine Durchweichung oder allmähliche Quellenbildung, wie bei dem lang andauernden Hochwasser der Flüsse, nicht entstehen kann. Ein Verschieben des Deiches, ein Versinken desselben oder ein Durchbrechen des Wassers im Untergrunde sind allerdings bei sehr weicher Beschaffenheit des letzteren auch während jener wenigen Stunden, innerhalb deren die Wellen mit einer bei Flussdeichen unbekannten Heftigkeit von dem Sturme gegen die Aussenböschung des Deiches gepeitscht werden, möglich.

Das Querprofil der Seedeiche bildet bei den nur wenig in Angriff liegenden, auf hohem Vorlande angelegten Deichen gewöhnlich ein Trapez, anderenfalls wird jedoch statt der geradlinigen Aussenböschung eine andere Linie gewählt.

Die Höhe der Kappe liegt $0^m,3$ bis $0^m,5$ über dem Kamm der Wellen zur Zeit der beobachteten höchsten Sturmfluth; letztere ist für den grössten Theil der niederländischen und deutschen Küste diejenige vom 3. und 4. Februar 1825, für einen kleinen Theil diejenige von 1808 bezw. 1837 und vom 31. Januar 1877, welche sich an der holländischen Küste etwa $2^m,5$ bis $2^m,8$, an der deutschen Küste 3 bis 4^m

über die ordinäre Fluthhöhe erhoben haben. Das Maass, um welches sich der Kamm der Wellen noch über diesen höchsten, im ruhigen Wasser (Wasserpass) ohne Wellenschlag gemessenen Wasserstand erhebt, ist um so geringer

a. je breiter und höher das den Wellenschlag mässigende Vorland ist,

b. je weniger die betreffende Küste normal zu den während der Sturmfluth herrschenden Winden gelegen ist,

c. je flacher die Aussenböschung und je höher die Aussenberme ist, indem diese ähnlich einem hohen Vorlande einen günstigen Einfluss auf die Wellenbildung vor der Deichkappe ausüben.

Es beträgt jenes Maass an der deutschen und holländischen Küste für Deiche ohne Vorland an der offenen See, welche den Wellenschlag unmittelbar aufzunehmen haben, bis 3^m und ermässigt sich bei über dem Winde liegenden Deichen an der Fluthgrenze der Flüsse, wo sich nur eine schwache Dünung bilden kann, bis auf $0^m,3$, so dass die Deichhöhe zwischen $3^m,5$ im ungünstigsten und $0^m,6$ im günstigsten Falle über dem Wasserpass des bekannten höchsten Sturmfluthspiegels liegt, wobei jedoch einzelne besonders heftige Wellen höher auflaufen und namentlich das Spritzwasser auf und über die Kappe fortgeschleudert wird.

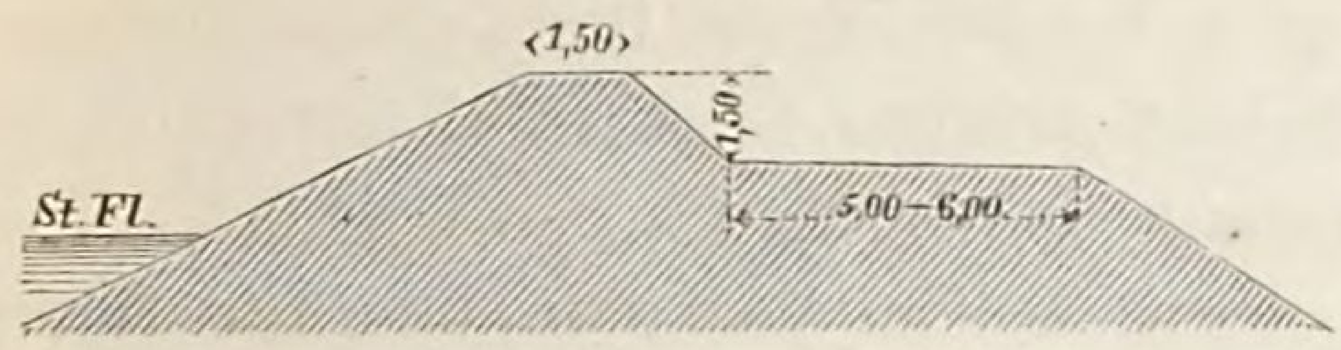
So ist z. B. am Westkappeler Deich in der holländischen Provinz Seeland (Scheldemündung) der Fluthwechsel zu $3^m,45$, der Wasserpass der höchsten Sturmfluth von 1808 $2^m,25$ über ordinärer Fluth beobachtet und der $3^m,3$ höher, also $5^m,55$ über ordinärer Fluth liegende, mit $3^3/_4$-facher Aussenböschung am sehr niedrigen Vorlande angelegte Deich bei Westwatering ist noch an der Binnenböschung abgeschoben, während sich der mit $13^1/_3$-facher Aussenböschung erhebende Deich bei Westcappeln mit $4^m,65$ Höhe über ordinärer Fluth gehalten hat.

Ueber der ordinären Fluthhöhe liegen ferner die Deiche am Helder $3^m,77$ bis $4^m,7$, diejenigen an der nordholländischen Küste der Zuider See $3^m,5$ bis $3^m,7$, an der gegenüberliegenden Küste der Zuider See $3^m,5$ bis $3^m,8$, an der Küste von Groningen 4 bis $4^m,7$. Es liegen die Deiche an der deutschen Küste Ostfrieslands mit 3^m Kappenbreite und 4 bis 5 facher Aussenböschung $1^m,7$ bis $2^m,2$ über Sturmfluth, $5^m,2$ bis $5^m,7$ über ordinärer Fluth; die Deiche am Jadebusen unweit Wilhelmshafen mit $3^m,5$ bis 4^m Kappenbreite, 3- bis 4-facher Aussenböschung $1^m,5$ über Sturmfluth, 5^m über ordinärer Fluth; die Deiche an der holsteinischen Westküste (Ditmarschen) an geschützten Stellen $1^m,8$, an exponirten Stellen $2^m,8$ über Sturmfluth oder $5^m,3$ bezw. $6^m,3$ über ordinärer Fluth; an der Weser bei Geestemünde $1^m,75$ über Sturmfluth oder $5^m,4$ über ordinärer Fluth; desgl. oberhalb Geestemünde, (Osterstade und Land Wührden), $1^m,2$ über Sturmfluth oder $4^m,6$ über ordinärer Fluth. — Mit dem allmählichen Uebergange der günstigen in die ungünstige Lage der Küste steigt auch die Kappe ganz allmählich an.

Es fehlt übrigens nicht an Beispielen, dass sich eine neuere Sturmfluth weit über die früher beobachtete erhebt, so dass die arg beschädigten Deiche auf Grund der neuen Beobachtung in weit grösserer Höhe als früher aufgeführt werden; so hatte man beim Anschlusse der Groninger an die deutschen Dollartdeiche bei einer im Jahre 1875 neu aufgeführten Einpolderung seitens Hollands auf Grund der Sturmfluth von 1825 eine Deichhöhe von $4^m,6$ über ordinärer Fluth für ausreichend erachtet, erhöhte diese aber nach der Sturmfluth am 30./31. Januar 1877 auf $5^m,8$ über ordin. Fluth.

Die Breite der Kappe wird gewöhnlich zu 3 bis 4^m angenommen, um die Deichmaterialien auch auf der Deichkappe anfahren zu können. Als regelmässiger Fahrweg wird sie wegen des heftigen Windes weit seltener als bei Flussdeichen benutzt; die Binnenberme bildet vielmehr den gewöhnlichen Fahrweg. Die holländischen Deiche haben allerdings zum Theil bedeutende Breiten von 6 bis 8^m, um als regelmässige Verkehrswege dienen zu können, und sind dann auch oft an der Aussenseite mit einer schwächeren etwa $1^m,5$ breiten Kade, welche die eigentliche Krone bildet, versehen, während der mit Seemuscheln oder Klinkern befestigte, mit starkem Binnengefälle versehene breite Weg auf einem $1^m,5$ tiefer liegenden Bankette herge-

Fig. 16.



stellt ist, siehe nebenstehende Fig. 16. Bei neuen Einpolderungen an der See ist die Kronenbreite gewöhnlich nur zu 2^m angenommen, doch ist eine zu grosse Beschränkung der Kappenbreite nicht empfehlenswerth, da die letztere für die Haltbarkeit des Deiches von grosser Wichtigkeit ist. Die Zerstörung des Deiches erfolgt nämlich gewöhnlich in der Weise, dass starke Schölungen sowohl an der Aussen- als auch, durch einzelne überschlagende Wellen verursacht, an der Binnenseite entstehen (vergl. die punktirten Linien des Holzschnitts Fig. 17); der Durchbruch der Kappe (Kappstürzung) wird hierbei um so weniger leicht eintreten, je breiter die Kappe ist und sollte diese daher für die unmittelbar an der See gelegenen Deiche je nach den Verhältnissen des Vorlandes und der Lage der Küste 4 bis 3^m und an den Flüssen 3^m bis $2^m,5$ genommen werden; bei $2^m,5$ ist ein Befahren, wenn auch mit grosser Vorsicht, noch ausführbar.

Fig. 17.



Die Aussenböschung wird in dem oberen, von den Springfluthen nicht bespülten Theile gewöhnlich mit Rasen bekleidet und um so flacher angelegt, je heftiger der Wellenschlag ist. Auf dem unter Springfluthhöhe liegenden Theile der Böschung, sofern solcher wegen niedrigen Vorlandes überhaupt vorhanden ist, bis zur Höhe der todten Fluthen würde der Rasen zwar noch wachsen können, aber zu oft vom Wasser durchweicht werden, um dem Wellenschlage gegenüber widerstandsfähig zu bleiben, wesshalb der untere Theil durch Strohbestickung, Steinpflasterungen oder andere Sicherungen geschützt werden muss. Die Böschungsanlage desselben ist dann abhängig von jenem Sicherungsmittel, welches bei exponirter Lage der Küste oder niedrigem Vorlande aber auch noch über Springfluthhöhe, nämlich in so weit als die Wellen der häufiger eintretenden Fluthen den Deich bespülen, ausgeführt wird, um die häufigen Beschädigungen (Schölungen oder Schälungen) des Rasens zu vermeiden. Bei sehr stark exponirten Deichen oder bei schaar liegenden Deichen, falls es an Vorland für Anlage einer flachen Rasenböschung fehlt, wird die Sicherung sogar bis in die Nähe der Kappe oder selbst bis zu dieser fortgeführt. Hiernach ist die Anlage der Aussenböschung auch abhängig von dem Sicherungsmittel.

Für Rasenböschungen, welche das gewöhnliche und billigste Bedeckungsmittel bilden, ist die Anlage für Klaideiche anzunehmen:

1. Classe. Deiche, welche dem heftigsten Wellenschlage der See unmittelbar ausgesetzt sind, falls das Vorland sehr niedrig ist, auch bei ordinärer Ebbe nicht wasserfrei wird: 8 bis 10 fache Anlage der nur über Sturmfluthhöhe zu berasenden Böschung. (Deiche an der Spitze Nordhollands und bei Westcappeln auf der Insel Walchern.)

2. Classe. Deiche, welche ebenso gelegen sind, aber mit höherem Vorlande: 6 bis 8 fache Anlage der nur in der oberen Hälfte zu berasenden Böschung.

3. Classe. Deiche an der Küste, den Meeresbuchten und Flussmündungen, welche durch Inselreihen vor dem allerheftigsten Wellenschlage geschützt sind, bei sehr niedrigem Watt und ungünstigster Lage gegen den Wind: 6 fache Anlage der nur über Springfluth-Wellenhöhe zu berasenden Böschung.

4. Classe. Deiche, welche ebenso gelegen sind, falls das Vorland höher oder die Lage gegen den Wind eine günstigere ist: 4 bis 5 fache Anlage.

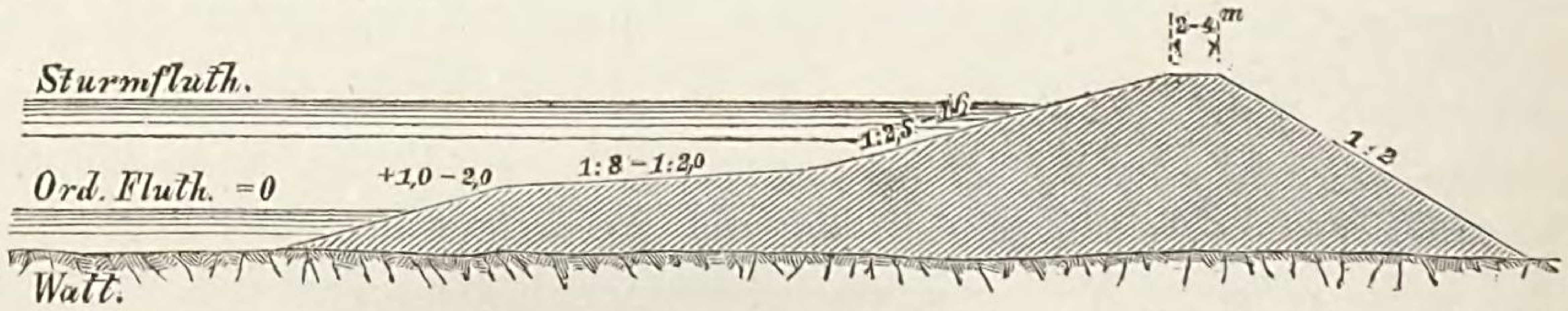
5. Classe. Seedeiche an den Flüssen bei ungünstiger Lage in Bezug auf Vorland oder Windrichtung: 4 bis 3 1/2 fache Anlage.

6. Classe. Deiche ebenso gelegen, jedoch mit hohem Vorlande oder günstiger Windrichtung: 3 bis 2 1/2 fache Anlage.

Schon von Woltmann ist empfohlen, die stark exponirten Seedeiche im oberen Theil flacher als im unteren, also convex auszuführen, vergl. Holzschnitt Fig. 17, S. 605, da dieser obere Theil von den heftigsten Wellen angegriffen werde; auch Caland schliesst sich jener Ansicht an.

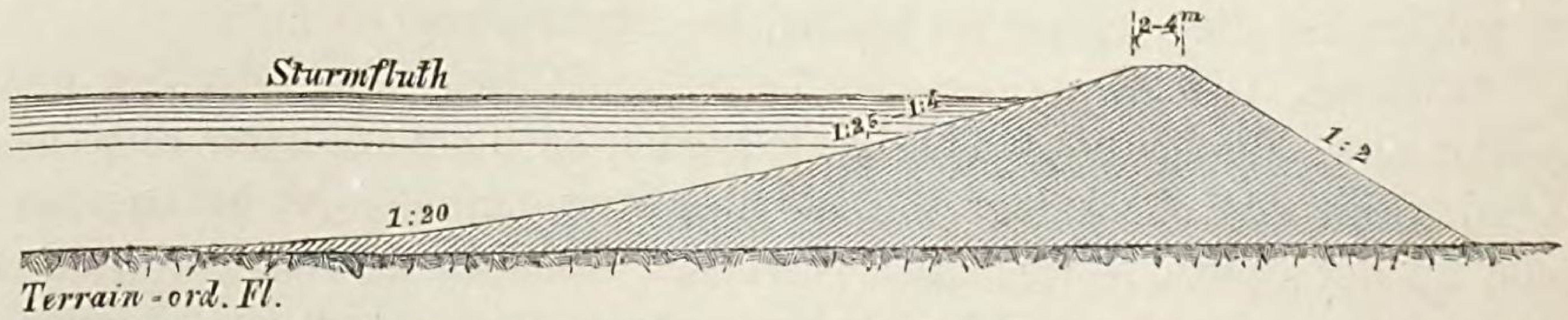
Andererseits ist jedoch zu erwägen, dass der oberste Theil des Deiches überhaupt nur nach einer Reihe von Jahren auf einige Stunden von den Wellen getroffen wird, so dass sich dort die Grasnarbe befestigen kann, während der untere Theil weit häufiger den höheren Fluthen ausgesetzt ist und daher zur Erzielung einer guten Rasendecke möglichst flach aufgeführt werden muss, falls derselbe überhaupt in Rasen erhalten werden soll. Hierdurch wird aber der weitere Vortheil erreicht, dass jener untere sehr flache Theil des Deiches (indem er ähnlich einem hohen Vorlande wirkt) die brandende Welle erheblich schwächt. Jenes convexe Profil hat deshalb wohl für die erste und zweite Classe insofern Berechtigung, als bei demselben der untere abgepflasterte Theil des Deiches, indem das Pflaster ungleich widerstandsfähiger ist als Rasen, auch steiler ausgeführt werden kann; es ist dagegen für die Classen 3 bis 5 vorzuziehen, entweder den unteren Theil weit flacher als den oberen oder, was dieselbe Wirkung hat, mit einer hochgelegenen Aussenberme (s. Holzschnitt Fig. 18) auszuführen, welche letztere um so höher und breiter hergestellt wird, je stärker der Angriff der Wellen ist.

Fig. 18.



Der obere, auch von den Wellen der höheren Springfluthen nicht getroffene Theil der Aussenböschung erhält dann, je nachdem er exponirt liegt, 2 1/2 bis 6 fache Böschungsanlage, welche zweckmässig noch wieder gebrochen und an den Knickpunkten abgerundet wird, um alle scharfen von den Wellen stets stark angegriffenen Uebergänge zu vermeiden; hierdurch entstehen Rasendeiche mit concavem Profile (siehe Holzschnitt Fig. 19). Man findet dieselben an der deutschen Nordseeküste

Fig. 19.



allerdings seltener als solche mit hochgelegener Aussenberme, an welche sich der obere trapezförmige Deich schliesst. Bei den letzteren bildet sich aber ein nachtheiliger Knickpunkt zwischen Berme und Deich, an welchem leicht Schälungen entstehen und der deshalb auch wohl durch eine kostspielige Steinpflasterung geschützt wird; immerhin werden aber beim Anschlusse des Rasens an das Steinpflaster solche Beschädigungen leicht hervorgerufen werden.

Auf Tafel XXXV zeigt Fig. 2 das Profil des Heinitzpolderanwachsdeiches am Dollart vom Jahre 1877, welches nach den Vorschlägen des Verfassers der Ausführung zu Grunde gelegt wurde, nachdem der neue, einfach trapezförmige, mit 4 facher Anlage ausgeführte Deich in der Januarfluth 1877 gänzlich zerstört war; Fig. 3 das Profil des Kaiserwilhelmpolderdeiches von 1874, dessen Situation auf Taf. LVI, Fig. 6 dargestellt ist; Fig. 4 Profil des Krumhörndeichs am Dollart; Fig. 5 Anschlussdeich des holländischen Staatensiels am Dollart mit Basaltpflaster am Uebergange zwischen der Aussenberme und Deich. Die Figuren 8 und 9 stellen Profile des holsteinischen Kaiserwilhelmkoogs vom Jahre 1873 dar[13]), und zwar *a* einer stark exponirten Stelle mit niedrigem Vorlande, *b* einer weniger exponirten, *c* einer ziemlich geschützten Stelle; bei *c* fehlt die höhere Aussenberme ganz, bei *b* ist sie in geringerer Höhe und Breite als bei *a* ausgeführt; in dem letzteren Profile ist der von jeder Springfluth bespülte Fuss der Aussenberme durch eine Steinböschung und demnach in steilerer Anlage geschützt. Fig. 10 zeigt das Profil eines holländischen Deiches; Fig. 2, Taf. XXXVI dasjenige des ungewöhnlich starken Deiches auf der Insel Nordstrand (Schleswig).

Fehlt es bei den Seedeichen der Flüsse an genügendem Vorlande, so werden statt der die Regel bildenden trapezförmigen Rasendeiche mit $2^1/_2$ bis 4 fachen Böschungen, vergl. Fig. 17, Taf. XXXIV, auch steile Steindeiche angelegt; die linksseitigen Elbdeiche unterhalb Hamburg im alten Lande haben z. B. das Profil Fig. 6^a, Taf. XXXV, nämlich nur $1^1/_2$ fache Steinböschungen vom Fusse bis zur Krone, welche unten durch ein Faschinengrundbett vor Unterspülung geschützt sind.

Die Binnenböschung der Seedeiche wird stets durch Rasen geschützt, welcher durch Einsäen erzeugt wird und die Erde nicht allein vor dem Ausspülen durch den Regen, sondern namentlich vor den Angriffen der heftigsten, zur Zeit der höchsten Fluthen über die Deichkappe rollenden Wellen schützt. Es sollte daher die Binnenböschung, um einen recht widerstandsfähigen Rasen zu erzeugen, nicht steiler als 2 fach genommen werden, in welchem Falle sie auch durch das weidende Vieh weniger leicht beschädigt wird. Bei wenig tragfähigem Untergrunde können, behufs Vertheilung des Deichgewichts und Erzeugung eines Gegendruckes gegen das Emporquellen der unteren weichen Lagen, flachere Binnenböschungen von $2^1/_2$ bis 4 facher Anlage nothwendig werden.

§ 22. Die Bermen. Sicherung des Deiches. Die Binnenberme wird in 4 bis 10^m Breite, in Höhe des Terrains, mit einem geringen Quergefälle nach dem zur Abgrenzung nothwendigen 2 bis 4^m breiten, 1 bis $1^m,5$ tiefen, mit $^1/_2$ bis 1 fachen Böschungen angelegten Bermegraben (Schloote) angeordnet und dient als Weg; in der Regel wird sie nicht befestigt.

Die Aussenberme erhält bei Deichen an der See 10 bis 25^m, an den Flüssen 5 bis 10^m Breite. Bei hohem grünen Vorlande, welches auch von den gewöhnlichen Springfluthen nicht überschwemmt wird, lässt man die Aussenberme, welche alsdann durch einen Bermegraben von dem übrigen Vorlande abgegrenzt ist, nur aus dem begrünten Streifen des natürlichen Terrains (Maifelds) bestehen, von welchem sich die geradlinige $2^1/_2$ bis 5 fache Aussenböschung erhebt. Bei niedrigem Vorlande, sowie auch bei exponirter Lage der Küste wird dagegen die Aussenberme bis zur mittleren Höhe von $+ 1^m$ bis $+ 2^m$ (Null = ordinäre Fluth) angeschüttet und schliesst dann entweder in Höhe von $+ 1^m,5$ bis $+ 2^m,5$ mit geringem Gefälle von $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ oder, um die scharfen Knickpunkte zu vermeiden, in Höhe von $+ 2^m$ bis $+ 3^m,5$

[13]) Vergl. Eckermann. Die Bedeichung der Maxqueller. Zeitschr. f. Bauw. 1875. S. 219.

mit $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ Gefälle ganz allmählich an den oberen Deichkörper. Eine solche hohe Aussenberme ist ganz besonders geeignet, den Angriff der brandenden Welle aufzunehmen. Die Aussenberme geht bei begrüntem, also über ordinärer Fluthhöhe liegenden Vorlande allmählich in dasselbe über, ohne dass eine besondere Böschung entsteht, siehe Fig. 2 und 8^b, Taf. XXXV, weil hier die gewöhnlichen Fluthen und Springfluthen schon durch das Vorland gebrochen werden, dagegen ist eine durch künstliche Mittel, gewöhnlich Strohstickung oder Steinpflaster zu sichernde, bis zum Watt reichende Bermeböschung nothwendig, falls der Fuss der Aussenberme unter ordinärer Fluthhöhe liegt. Im letzteren Falle ist der obere Punkt der Böschung zweckmässig so hoch zu legen, $+ 1^m,2$ bis $+ 2^m$, dass die Wellen der gewöhnlichen Springfluthen nicht mehr auf die Aussenberme rollen, welche sonst beim Anschlusse der künstlichen Sicherung der Böschung an den Rasen der Aussenberme leicht beschädigt wird. Eine höhere, wenn auch schmälere Aussenberme verdient in der Regel den Vorzug vor der niedriger gelegenen breiten Berme von gleichem Kubikinhalte.

Die Sicherung der von der Aussenberme nach dem Watte anzulegenden Böschung, sowie überhaupt des unteren von den Wellen häufiger bespülten Theiles des Deiches erfolgt zuweilen in derselben Weise wie bei den Seeufern (Cap. XV) und sollen daher hier nur die den Deichen eigenthümlichen Anordnungen besprochen werden.

1. Strohbestickung. Dieselbe wird auf 3 bis 8 facher Böschungsanlage ausgeführt und zwar sowohl auf der Rasendecke als auf der blossen Erdböschung. Im ersteren Falle wird sie im Frühjahre beseitigt, um der Vegetation des Rasens nicht hinderlich zu sein, und im Spätherbste auf den exponirtesten Theilen der Rasendecke erneuert; im letzteren Falle muss sie nicht allein in jedem Herbste neu hergestellt, sondern auch im Frühjahre durchkrammt (mit einem Sommerdache versehen) werden, indem neue Näthe den alten hinzugefügt werden. Sie ist daher kostspielig in der Unterhaltung, hat aber gegenüber den steilen, abgepflasterten Böschungen in sofern den Vorzug, als die brandende Welle an derselben mit geringerer Geschwindigkeit zurückläuft und mithin auch geringere Abspülungen des für die Erhöhung des Wattes so wichtigen Schlickes vor dem Deichfusse hervorruft. Ist daher eine Erhöhung des Vorlandes durch Aufschlickung, wenn auch unter Zuhilfenahme von künstlichen Mitteln (Schlickfängen und Begrüppungen) zu erwarten, so empfiehlt es sich, bei einem neu angelegten Deiche die kostspielige, für die Aufschlickung ungünstige Steinböschung vorläufig nicht auszuführen, vielmehr während einiger Jahre die flacher anzulegende Böschung in Strohstickung zu unterhalten, bis das Watt fest begrünt ist und jede künstliche Sicherung des Aussenbermefusses entbehrt werden kann.

An der deutschen Nordseeküste bildete die Strohstickung wegen der geringen Anlagekosten früher fast das ausschliessliche Schutzmittel der Deiche, sofern Rasen überhaupt nicht verwandt werden konnte oder allein nicht sicher genug war; sie ist jetzt jedoch grossentheils durch Steinpflaster verdrängt worden.

2. Bespreutung der Böschung mit einer 15^{cm} starken Strauchdecke, welche behufs grösseren Schutzes der Erde auf einer dünnen, aber dicht gelegten Heide-, Stroh- oder Rohrlage oder selbst Strohbestickung normal zur Deichkappe ausgebreitet und durch Flechtzäune in $0^m,2$ bis $0^m,4$ Entfernung befestigt wird. Bei sehr exponirter Lage wird die Lockerung der Faschinen noch durch Steine, welche zwischen die Flechtzäune gepackt werden, oder durch Querstangen mit Pfählen, welche die alsdann näher einzuschlagenden Flechtzäune niederdrücken, verhindert. Diese Be-

spreutungen auf Strohunterlage oder besser auf Strohbestickung sind weit dauerhafter (6 bis 7 Jahre bei Verwendung von Steinen, 3 Jahre ohne Steine), aber auch kostspieliger in der ersten Anlage als die einfache Strohbestickung und werden namentlich an steileren Böschungsflächen des Deichfusses (in Holland häufiger als in Deutschland) sowie in solchen Fällen angewandt, wo die frisch geschüttete Erde noch zu wenig abgelagert ist, als dass die Strohbestickung allein, deren Näthe in lockerem Boden nicht fest genug halten, den heftigsten Angriffen der winterlichen Fluthen zu widerstehen vermöchte. Auch für provisorische, frisch angeschüttete Schutzdeiche, deren Bruch grosse Nachtheile herbeiführen würde, für Schutzbuhnen aus Erde und ähnliche Anlagen ist dieselbe zu empfehlen; für definitive wenigstens $2^1/_2$ fach angelegte, fest abgelagerte Deichböschungen wird dagegen die billigere Strohstickung in der Regel vorzuziehen sein.

3. Hürden (Fleeken) aus Weiden geflochten $0^m,6$ breit, 2^m lang bis 1^m breit, 4^m lang werden zu definitiver Sicherung der Aussenböschung namentlich bei Deichen mit steiler Aussenböschung verwandt z. B. am linksseitigen Elbufer unterhalb Hamburg bei 2 facher Böschung, s. Fig. 6^b, Taf. XXXV. Dieselben werden vom Fusse bis zur Deichkappe, sowohl in der Länge als in der Breite 5 bis 10^{cm} über einander greifend, auf einer Unterlage von Strauch, Rohr, Heidekraut normal zur Deichkappe verlegt und mit hölzernen Pflöcken oder Stackpfählen befestigt; sie müssen nebst der Unterlage dann alle zwei Jahre erneuert, die Erdböschung selbst alle vier bis sechs Jahre im ursprünglichen Profile wiederhergestellt werden.

Ferner benutzt man solche Hürden aber auch, (ähnlich wie bei den Flussdeichen während der Defensionszeit), zur Sicherung des Rasens während der Winterzeit, so dass sie etwa Mitte October auf den Rasen gelegt und im Frühjahre wieder fortgenommen werden; sie bilden dann die Verlängerung des Steinpflasters, welches den untersten, auch von den gewöhnlichen Springfluthen noch getroffenen Theil des Deiches schützt und werden nur an solchen Strecken des Deiches verlegt, wo derselbe stark exponirt ist.

4. Sicherungen mit Wiergras, welches auf Schlickbänken unter Wasser, besonders in der Nähe der Insel Wieringen, in grossen Massen wächst, sind früher an der Zuider See in etwa 3^m starken futtermauerartigen Packungen vorgekommen (Fig. 1, Taf. XXXVI): sie schützen die steilen Aussenböschungen und werden am Fusse durch Steinschüttungen auf Faschinen gegen Auskolkungen befestigt; das Wiergras bedarf jedoch in jedem Jahre einer Ergänzung und der Erddeich muss sehr starke Abmessungen erhalten, weshalb die Wierdeiche meist durch Steindeiche ersetzt sind.

5. Holzwände findet man in verschiedener Construction:

a. Als gewöhnliche Bohlwerke, Fig. 5, Taf. XXXVI, welche die Aussenberme bei niedrigem Watte stützen, so dass die Bermeböschung fehlt; an Stelle der Anker sind vordere, sich gegen ein Gurtholz (Rimm) lehnende Schrägpfähle angeordnet. An der unteren Ems, wo sie in dieser Weise früher hergestellt wurden, ersetzt man sie jetzt, wegen ihrer kostspieligen Unterhaltung meist durch Steinböschungen.

b. Als Holzwände, welche sich weit über die Höhe der Aussenberme, nämlich noch über Sturmfluthhöhe, frei erheben, so dass sie den Stoss der Wellen aufnehmen; in der niederländischen Provinz Friesland (Fig. 8, Taf. XXXVI) sind solche Wände aus 2 Bohlen-Stülpwänden hergestellt, die durch obere Gurthölzer gehalten werden, während eine dritte Wand den hinterliegen-

den, gegen Hinterspülungen erforderlichen Steindamm begrenzt und ein äusseres Steinpflaster gegen Unterwaschungen am Fusse angelegt ist. Aehnlich, jedoch niedriger sind die Wände auf der Insel Schockland in der Zuider See; sie sind verankert und werden gleichzeitig als Schiffsliegeplatz benutzt.

6. Steinböschungen. Sie bilden das bei weitem dauerhafteste und zugleich sicherste Schutzmittel und werden deshalb angewandt:

a. zur Befestigung des unter der Springfluthhöhe liegenden Theils der Böschung, wo Rasen überhaupt nicht oder nur schlecht anwendbar;

b. zur Befestigung des oberen Deichkörpers bei stark exponirten Seedeichen, sowie bei solchen Fluss-Seedeichen, welche wegen der geringen Vorlandsbreite keine für Rasen genügende flache Böschung erhalten können, oder aus Sand ohne genügende Klaidecke hergestellt werden müssen.

Die Steinböschungen gestatten nämlich eine weit steilere Anlage als Rasenböschungen, welche bei den stark exponirten und fast ganz abgepflasterten Seedeichen der 1. und 2. Classe eine 6 bis 4 fache, bei den übrigen nur am Fusse gepflasterten Deichen in der Regel eine 2 bis 1½ fache ist, falls grössere natürliche Steine, eine 3 bis 2½ fache, falls Klinker verwandt werden. Bei dem Anschlusse des Steinpflasters an den oberen Rasen treten sehr leicht kleinere Beschädigungen des Rasens auf, weshalb das Pflaster der Aussenberme-Böschung entweder mit einem Bogen allmählich in die Berme überzuführen oder die Berme dort etwa $0^m,5$ tiefer anzulegen und leicht abzupflastern ist, damit sich das Wasser ansammeln und den Stoss der Wellen aufnehmen könne.

Das Pflaster besteht gewöhnlich, und bei allen stärker exponirten Deichen ist dies unbedingt nöthig, aus festen natürlichen Steinen (Granit, Basalt, harte Sandsteine u. s. w.), welche $0^m,35$ bis $0^m,6$ Stärke in jeder Richtung, sowie 100 bis 500^k Gewicht haben und auf einer $0^m,2$ bis $0^m,4$ starken Unterbettung von Steinschlag, Ziegelstücken oder grobem gesiebten Grand gebettet und sorgfältig verzwickt werden. Wo es auf hohe Sicherheit ankommt, wie z. B. beim Anschlusse an Schleusen, werden sie auch wohl mit Cementmörtel verstrichen, um das Eindringen des Wassers in die Fugen, das Loslösen des Erdmaterials und das Versacken und Herausreissen der Steine noch kräftiger als durch blosse Verzwickung zu verhindern. Statt der Unterbettung von Steinmaterial hat man, falls sich solches übermässig theuer stellt (wie z. B. an der Jade), auch wohl eine doppelte Lage von starken Heiderasen verwandt.

Steinböschungen aus bearbeiteten, in hydraulischem Mörtel versetzten Werksteinen sind nur ausnahmsweise z. B. an der Aussenberme-Böschung des Hafendeiches zu Geestemünde, Fig. 7, Taf. XXXVI, ausgeführt; der Fuss ist hier durch ein Faschinen-Grundbett (Risberme, vom holländischen Rijs = Strauch), sowie durch eine Pfahlreihe mit Schrägpfählen, gegen deren Holm sich die Böschung stützt, gesichert.

Steinböschungen aus hartgebrannten Backsteinen, Klinkern, sind wegen des geringen Gewichts der einzelnen Steine zwar weniger widerstandsfähig, aber ungleich billiger als solche aus natürlichen Steinen; sie werden gewöhnlich in 1 Stein Stärke, im untersten Theile, falls das Watt dort hoch ist, aus Sparsamkeitsrücksichten sogar nur in ½ Stein Stärke, und in der Regel ohne jede Unterbettung unmittelbar auf dem Klai ausgeführt und zwar hauptsächlich bei den Deichen der 3. bis 5. Classe zum Schutze der Aussenberme-Böschung. Die Fugen der 1 Stein starken Schichten laufen parallel, diejenigen der ½ Stein starken Schichten wegen des Ueberkantens der Steine

normal zu der Deichkappe, wobei die Steine in Verband gesetzt und die Fugen zweckmässig mit Muschelsand noch ausgefüllt werden. Um Unterwaschungen zu verhüten wird am oberen Punkte eine 30cm breite, an starken eichenen Stackpfählen befestigte 4cm starke Bohle oder statt derselben eine 1 bis 1½m lange, 4 bis 5cm starke Spundwand angebracht, die sich mittelst einer 5cm starken Rimmbohle gegen eichene, in 1m,75 Entfernung geschlagene, 1m,5 lange, 15cm starke Pfähle lehnt, Fig. 6, Taf. XXXVI. Auch am Fusse der Böschung wird in der Regel eine solche Spundwand mit Pfählen eingesetzt, vor der zu grösserer Sicherheit wohl noch ein Faschinengrundbett gelegt wird. Solche Schutzmittel am Fusse der Böschung sind bei den leichter zu zerstörenden Ziegelböschungen weit nothwendiger als bei den Böschungen mit natürlichen Steinen, wo sie nur bei exponirter Lage derselben oder bei weichem Untergrunde ausgeführt werden.

Falls sich der Deich unmittelbar am steilen Meeresufer befindet, wie z. B. an der Spitze Nordhollands Fig. 4, Taf. XXXVI, so muss die Böschung unter dem Niedrigwasserspiegel, wo Pflasterungen nicht ausführbar, durch Steinschüttungen von grossen natürlichen Steinen, welche häufig einer Ergänzung bedürfen, abgedeckt werden.

§ 23. Sanddeiche. Ueberlaufdeiche. Sommerdeiche. Deiche aus Sand kommen an den Seemarschen der Nordsee sehr selten vor, häufig dagegen an Stelle der fehlenden Dünen auf dem hohen Strande der Ostsee. Das Profil derselben muss dann in Bezug auf Breite der Kappe und Anlage der Aussenböschung stärker angenommen und die letztere entweder durch eine wenigstens 0m,6 starke Klailage oder besser durch eine Steindecke aus natürlichen Steinen, unter deren Steinbettung noch eine Klailage zur Verhütung der Ausspülung des leicht beweglichen Sandes gebracht ist, geschützt werden. Allerdings finden sich auch Sanddeiche z. B. an der nach dem Watte zu gelegenen südlichen Seite der Insel Norderney, sowie an der Ostsee, welche allein durch eine 10 bis 15cm starke, gute Rasendecke geschützt sind, doch ist dies nur ausreichend, falls die Deiche wenig exponirt gelegen sind. Die sehr umfangreichen Beschädigungen, welche die Ostseedeiche bei der Sturmfluth am 13. November 1872 erlitten[14]), beruhen zum Theil darauf, dass die Deiche aussen nur mit Strandgräsern besamt waren, so dass der Wellenschlag das lose Sand- und Sodenmaterial leicht zerstören konnte; ein solcher vor dem Gruber See in Schleswig ausgeführter Deich hatte 2fache besodete Binnenböschung, 3m,9 Breite der 3m,8 über dem mittleren Spiegel der Ostsee liegenden Kappe, 4fache Aussenböschung, deren oberer Theil sowie Kappe mit Strandgräsern, während der untere Theil und der anschliessende 2m,2 über mittlerem Spiegel der Ostsee liegende Strand in 3m Breite vom Deichfusse mit einer Geröllschicht befestigt war. An Stelle dieser Sanddeiche hat man die neuen Deiche in Ostholstein grossentheils aus Lehm nach dem Profil der Fig. 13, Taf. XXXVI an exponirten, d. h. nach Ost, Nordost, Nord gelegenen Strecken und nach dem Profil der Fig. 12 an geschützten Strecken ausgeführt, wobei das Material mittelst Locomotiven und Interimsbahnen theils aus weiter Entfernung angefahren wurde.

Ueberlaufdeiche kommen bei Winterdeichen an der See ganz ausnahmsweise vor, da dieselben zur Entlastung der benachbarten Strecken nur sehr wenig beitragen können. Allerdings erhebt sich der Wasserspiegel an dem oberen Ende einer langgestreckten, trichterförmigen Meeresbucht zu grösserer Höhe als an der Mündung und ein Ueberlauf des Wassers am oberen Punkte wird auf die Höhe

[14]) Baensch. Die Sturmfluth vom 12./13. November 1872. Zeitschr. f. Bauw. 1875.

ermässigend einwirken, doch nicht in so erheblichem Grade, dass die sonstigen Nachtheile, nämlich die Ueberschwemmung des Hinterlandes und die Kosten für Verstärkung des Ueberlaufdeichs an der Binnenböschung und für die Siele zum Ablassen des eingeströmten Wassers, im Verhältnisse zu der geringfügigen Senkung ständen. Man hat deshalb den Slaper Deich bei Sparndam, welcher die aus der Zuyder See in das Y vordringende Fluthwelle zur Zeit der Sturmfluthen nach dem Harlemer Meere im Interesse der Sicherheit Amsterdams entlastete, später erhöht, ohne nachtheilige Einwirkungen zu verspüren; jener Deich hatte 11 bis 12 fache Binnenböschungen. In der Provinz Over-Yssel befanden sich Ueberlaufdeiche, welche zum Einlassen des befruchtenden Schlickwassers angelegt waren, $1^m,6$ bis 2^m Höhe über Terrain, 2^m Kappenbreite, 8 fache Aussen-, 12 fache Binnenböschung hatten und bis $0^m,85$ hoch übergelaufen sind, ohne Schaden zu leiden.

Sommerdeiche finden sich namentlich vor der schleswigschen Küste, sowie an der hannoverschen Unter-Elbe und zwar stets auf grünem Vorlande im Anschlusse an den Winterdeich, auch Fig. 7, Taf. XXXV zeigt das Vorkommen derselben. Sie erheben sich gewöhnlich 1 bis 2^m über Vorland oder 2 bis 3^m über ordinäre Fluthhöhe und erhalten (s. Fig. 3, Taf. XXXVI) eine etwa 2^m breite, nach den Böschungen stark abgerundete und wie diese beraste Kappe, 4 bis 8 fache Anlage der Binnen- und 4 fache Anlage der Aussenböschung; bei diesen Abmessungen treten jedoch Beschädigungen beim Ueberlaufe noch häufig ein, so dass, je nach der Höhe des Deiches und der Dauer des Ueberlaufes, 6 bis 12 fache Binnenböschungen vorzuziehen sind. Um das Wasser rascher abführen zu können und salzige Niederschläge desselben zu verhüten, müssen entweder die Siele mit grossem Querschnitte erbaut oder besondere mit Stemmthoren verschlossene Durchfahrten im Deiche, welche sich bei fallendem Wasser selbstthätig öffnen, angelegt werden. Die Sommerpolder werden gewöhnlich als Weide benutzt; bei grösserem Umfange derselben sind einzelne über Hochwasser reichende Hügel, sog. Worthen, für die Hirtenwohnung und zur Zuflucht für das Vieh, welches sich auch auf die Aussenböschung des Winterdeichs retten kann, angelegt. Ein Ringdeich schliesst auch wohl die Süsswasser-Cisterne ein.

Deichrampen werden in derselben Weise wie bei den Flussdeichen (siehe § 10) angelegt.

Durchfahrten kommen bei den Seedeichen noch weit seltener als bei Flussdeichen vor, weil die rechtzeitige Schliessung derselben bei den oft unerwartet eintretenden Sturmfluthen leicht versäumt werden kann. Sind dieselben der Verkehrsverhältnisse wegen durchaus nicht zu entbehren, so empfiehlt es sich, dieselben mit vorderen Stemmthoren und dahinter sich befindenden, doppelten Dammfalzen, sowie mit massiven Seitenwänden zu erbauen, welche gegen den Durchbruch des Wassers in der Sohle und an der Erdseite geschützt werden; die Sohle derselben sollte aber stets nur in etwa halber Deichhöhe angelegt werden.

§ 24. Herstellung der Seedeiche. In Betreff der Vorbereitung der Deichbasis, der nothwendigen Eigenschaften der im Vorlande zu gewinnenden Deicherde, der Schüttung und Comprimirung der einzelnen Lagen und des Schwindens des Deiches ist auf den § 11 zu verweisen. Die Fälle, in denen ein neuer Deich auf sehr weichem Untergrunde, d. h. auf wenig abgelagertem Watt oder frischem Grünlande, sowie durch noch thätige oder vor nicht langer Zeit zugeschlickte Priele (Wasserläufe, welche nur das Fluthwasser ein- und ausführen) geschüttet werden muss, kommen

jedoch weit häufiger als bei Flussdeichen vor. Die hieraus hervorgehenden Gefahren, nämlich ein übermässiges, nach den Bohrungen oft kaum zu erwartendes Setzen und selbst Versinken des Deiches in Verbindung mit Abrutschungen der Binnenböschung und Emporquellen des Bodens in geringerer oder grösserer Nähe des Deichs, namentlich in Gräben- und Canalsohlen, treten nicht allein während der Ausführung leicht ein, sondern sind auch in den ersteren Jahren, namentlich nach lange andauernder Nässe, wodurch die noch nicht gehörig abgelagerte Erde durchweicht wurde, oder bei einer ausserordentlichen Sturmfluth zu befürchten. Nur alte abgelagerte Deiche vermögen daher eine volle Sicherheit zu gewähren.

Die Senkung des Deiches kann bei weichem Boden leicht $^1/_4$ der Höhe, der Erdverbrauch 50 bis 100, ja selbst 200% mehr, als sich aus dem definitiven Profil berechnete, dagegen bei festem, alt begrünten Vorlande, ohne Darg oder Mooruntergrund nur $^1/_8$ mit 25% Mehrverbrauch betragen; die Ueberhöhung des Profiles ist, um die abgelagerte Rasendecke nicht wieder abnehmen zu müssen, eher zu gross als zu klein anzunehmen.

Die Gewinnung der Deicherde erfolgt bei einem wenigstens $0^m,5$ über ordinärer Fluthhöhe liegenden, also auch bei gewöhnlichen Springfluthen wasserfrei bleibenden Aussendeichslande in derselben Weise wie bei den Flussdeichen, nämlich aus Gruben (Pütten), zwischen denen 4 bis 6^m breite Dämme (sog. Speckdämme) zu belassen sind, um die Aufschlickung zu erleichtern und auch für die spätere Unterhaltung Erde gewinnen zu können; die Tiefe der Gruben, gewöhnlich $1^m,2$ bis $1^m,5$, richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens, von welchem thunlichst nur der gute Klai entnommen wird.

Ist aber das Püttenterrain niedriger oder besteht dasselbe, wie bei neuen Einpolderungen, wo der Deich meist etwa an die Grenze des festen Grünlandes gerückt wird, zum Theil oder ausschliesslich aus Watt, so ist es für den ungestörten Arbeitsbetrieb nothwendig, einen Schutzdeich (Kajedeich), welcher noch die gewöhnlichen Springfluthen fern hält, vor den Gruben anzulegen. Die Arbeit beginnt alsdann mit dem Ausheben dieses Kajedeichs, welcher bei einigen neueren Einpolderungen folgende Abmessungen erhielt:

	I Heinitzpolder-anwachs am Dollart 1876	II Kaiser Wilhelms Polder am Dollart 1874	III Kaiser Wilhelms Koog, Elbmündung 1872	IV Waert und Groet grouden in Holland
Breite der Deichkappe . .	$0^m,5$	3^m	$1^m,25$	$1^m,5$
Höhe über ordinärer Fluth .	1^m	$0^m,7$	$+1^m,2$ bis $+1^m,8$	$1^m,5$
Höhe über Watt	$1^m,5$	$1^m,7$	$0^m,9$ bis 2^m	$2^m,2$
Aussenböschungs-Anlage .	$2^1/_2$ fach	3 fach		4 fach
Binnenböschungs-Anlage . .	$2^1/_2$ fach	2 fach		2 fach
Sicherung der Deichoberfläche	Strohbestickung	Strohbestickung	Berasung, zum Theil Strohbestickung.	

Der Kajedeich schliesst sich in der Regel an das höhere Vorland oder an andere Deiche; ausserdem werden bei grösserer Länge desselben noch einige Queranschlussdämme angelegt, damit bei etwaigem Durchbruche des Kajedeichs nicht das ganze Püttenterrain unter Wasser gesetzt werde. Ist das höhere Vorland oder der alte Deich zu entfernt, um den Kajedeich anschliessen zu können, so muss noch, und zwar am besten auf der Basis des definitiven Deiches, ein Binnenkajedeich angelegt werden, welcher wegen seiner günstigeren Lage etwas geringere Abmessungen als der äussere Kajedeich erhält, z. B. bei der zuletzt aufgeführten holländischen Einpolderung 1^m Kappenbreite, 1^m Höhe über ordinärer Fluth, $1^m,7$ Höhe über Watt,

3 fache äussere, 2 fache innere Böschung. — So erwünscht es einerseits erscheint, den Kajedeich möglichst kräftig anzulegen, um bei der Erdgewinnung möglichst wenige Störungen zu erleiden, welche namentlich in sofern verhängnissvoll werden können, als die mit Mühe herangezogenen, bei einer grösseren Einpolderung nach Tausenden zählenden Arbeiter nach wiederholt eintretenden Ueberschwemmungen und Unterbrechungen den Arbeitsplatz leicht verlassen, so ist andererseits zu berücksichtigen, dass die Kosten eines sehr hoch und stark angelegten Kajedeichs sehr bedeutend sind, dass die Aufführung desselben einen grossen Theil der nur etwa $^1/_2$ Jahr umfassenden Arbeitszeit consumirt und dass es ohne Aufwendung unverhältnissmässiger Mittel überhaupt nicht möglich ist, denselben auch gegen Fluthen von über $+ 1^m$ zu halten; die vom Verfasser für den Heinitzpolderanwachs angenommenen mässigen Dimensionen, s. I der vorstehenden Tabelle, bei denen sich der auf seiner ganzen Oberfläche sorgfältig durch Strohbestickung geschützte Deich gegen alle sommerlichen Fluthen gehalten hat, dürften daher in der Regel ausreichen.

Die Erde zum Kajedeich wird wohl aus einem an der Binnenseite desselben angelegten Graben, welcher auch die Entwässerung der Püttgruben bewirkt, gewonnen; die Arbeiter müssen bei dem Aufwerfen desselben gewöhnlich auf Brettern stehen, um nicht im weichen Watt zu versinken. Eine starke Ueberhöhung von etwa $^1/_4$ der Höhe ist wegen des starken Setzens bei der Ausführung anzunehmen. Der Kajedeich muss sofort mit Stroh bestickt (falls er auf grünem Vorlande angelegt wird, auch wohl berast) und in der sorgfältigsten Weise unterhalten, also beim Einreissen kleiner Schällöcher noch in derselben oder in der folgenden Tide ausgebessert werden, um einen Durchbruch bei den nächsten Fluthen zu verhüten.

Je niedriger das Watt gelegen ist, um so kürzer ist die verfügbare Zeit zum Arbeiten (Tidearbeit) bei dem Aufwerfen des Kajedeichs, um so grösser sind die Gefahren eines Durchbruches desselben, um so weniger abgelagert ist das aus den Pütten gewonnene Deichmaterial, um so leichter wird also auch der neue Deich erhebliche Senkungen erleiden; ferner erfordert der letztere eine sehr viel grössere Erdmasse und es müssen das Profil und die Sicherung desselben wegen der grösseren Inanspruchnahme auch weit stärker werden. Aus all diesen Gründen kann nicht genug vor einem zu weiten Vorschieben des Hauptdeiches gewarnt werden.

Der Hauptdeich wird möglichst gleichmässig in die Höhe geführt und zwar am besten mittelst Wagen, die zugleich die einzelnen, mit Neigung aufgeführten Lagen mit ihren Rädern comprimiren, eventuell mit Handkarren, wobei der Deich „geritten“ wird; Stampfen und Abrammen sind wegen der klebrigen Beschaffenheit des Materials oft undurchführbar, so dass auch wohl jede Compression unterbleibt.

Sobald nur ein Theil des Profils geschüttet worden, werden die Aussenböschung und Aussenberme, insoweit sie überhaupt in Rasendecke angelegt werden sollen, sofort mit 10^{cm} starken Flachrasen auf das sorgfältigste berast; werden die Rasen erst in so später Jahreszeit angelegt, dass ein gehöriges Anwachsen derselben vor dem Eintritte der stürmischen Zeit nicht zu erwarten ist, so werden sie auch wohl durchkrammt, d. h. mit Strohnäthen befestigt, um sie vor der Fortspülung zu schützen.

Mit allen Kräften ist dahin zu streben, dass der Deich in der Hauptsache während der $3^1/_2$ Monate von Mitte April bis Ende Juli geschüttet werde, da es in den späteren Monaten schon schwieriger ist, den Kajedeich gegen wiederholte Durchbrüche zu schützen, und auch die Arbeiter der Ernte wegen knapper werden; spätestens sollte derselbe bis Ende September vollendet sein, damit der Rasen der

Aussenböschung noch überall vor dem Winter fest anwachsen und die Erde sich ordentlich ablagern könne. Gelingt dies nicht, so müssen die später angelegten Rasen entweder durchkrammt oder auf den sehr exponirten Flächen sogar mit Stroh bestickt werden, welches, um der Vegetation des Rasens nicht zu schaden, im Frühjahre beseitigt wird. In soweit eine Berasung nicht mehr ausgeführt werden konnte, muss die Aussenböschung vorläufig mit Stroh bestickt werden, an deren Stelle im nächsten Frühjahre eine Berasung tritt. Bei dem Mangel an guten Rasen wird auch wohl die Strohstickung allein ausgeführt; das Gras spriesst dann bei dem ausserordentlich fruchtbaren Klaiboden ohne Weiteres oder nach vorheriger Besamung durch das Stroh, so dass nach der Beseitigung desselben im nächsten Frühjahre die Keime einer guten Vegetation überall sichtbar werden und bis zum folgenden Winter, falls nicht etwa wiederholt ungünstige Sommerfluthen eintreten, der Rasen so gekräftigt ist, dass nur noch der untere oder der am meisten exponirte Theil des Deiches bestickt zu werden braucht. Krone und Binnenböschung werden in der Regel besamt, doch ist auch dies bei dem sehr fruchtbaren Klaiboden der Seemarschen, welcher von selbst begrünt, in vielen Fällen nicht erforderlich.

Wegen der zu befürchtenden gewaltsamen Ueberströmung ist es nothwendig, den Deich vor dem Winter überall auf die volle Höhe zu bringen; sollte derselbe nicht in der ganzen Länge vollendet werden können, so muss entweder ein Querdeich (Flügeldeich) zum Anschlusse an den vorhandenen Winterdeich und etwa in Höhe des Hauptdeichs ausgeführt werden, wodurch gleichzeitig der Vortheil erreicht wird, dass ein Theil des Polders schon ein Jahr früher als Ackerland benutzt werden kann, oder es muss die lockere Binnenböschung des Hauptdeiches, um sie vor dem Fortspülen durch die Wellen der eindringenden höheren Fluthen zu schützen, in irgend einer Weise, z. B. durch eine auf einer Heidekrautunterlage ausgeführte Faschinen-Bespreutung, gesichert werden. Bei etwa gleichen Kosten, unter Berücksichtigung des höheren Ertrages der bereits eingepolderten Grundfläche, verdient die erstere Art wegen der grösseren Sicherheit den Vorzug.

Bei der gleichmässigen Aufschüttung des Deiches werden die Anstrengungen nicht selten durch die über weichem Untergrunde unerwartet stattfindenden starken Senkungen vereitelt, bei denen es, selbst wenn die Arbeiterzahl bis aufs äusserste vermehrt wird, wegen der immer von Neuem auftretenden Senkungen, welche das 2 bis 3 fache des Erdmaterials zuweilen beanspruchen, oft nicht gelingt, die volle Höhe rechtzeitig zu erreichen. Bei einer höheren Fluth wird ein Durchbruch an einer solchen Stelle um so leichter erfolgen als die Sinkung auch durch das Gewicht des Wassers von Neuem veranlasst werden kann; die Gefahr, dass ein tiefer Grundbruch und selbst ein Strombruch entstehe, ist ausserordentlich gross. Vergrössert werden die Schwierigkeiten in solchem Falle noch dadurch, dass man häufig keine trockene Deicherde in der vorgerückten Jahreszeit zur Verfügung hat und die nassen Lagen wegen Mangels an Zeit auch nicht austrocknen können, hingegen auf dem weichen Untergrunde ganz durchweicht und auseinander geschoben werden. Ueber solchem, im höchsten Grade gefährlichen, weichen Untergrunde hat man wohl ein 1 bis 2^{m} starkes Faschinen-Grundbett verlegt, welches das Gewicht des Deichs gleichmässig übertragen soll; sicherer ist es jedoch, den Deich von Anfang an durch den weichen Boden zu schütten, indem trockener schwerer Klaiboden nach Aushebung eines Grabens unter der Kappe und etwa in Kappenbreite immer von Neuem aufgeschüttet und in die Tiefe versenkt wird, während die beiderseitigen Böschungen erst später

nachgeschüttet werden. Durch das letztere Verfahren werden die wiederholten späteren Versackungen des Deichs vermieden, deren Kosten namentlich deshalb so sehr gross werden, weil die Arbeiten in eine späte Jahreszeit fallen, wo die Wege der Marschen durchweicht, oft nur noch mit Schlitten passirbar sind und die Heranschaffung aller Materialien, Lebensmittel, Trinkwasser für die in den Hütten untergebrachten Arbeiter, deren Arbeitszeit bei den höheren Fluthen und nach durchbrochenem Kajedeiche eine nur kurze ist, äusserst kostspielig wird; nur mit übermenschlichen Anstrengungen gelingt es dann, das Ziel mit dem vielleicht vierfachen Kostenaufwande einer Ausführung in den Frühsommermonaten zu erreichen, wo der Arbeiter weit leichter 6 kb^m pro Tag als in der ungünstigen Jahreszeit $1^1/_2$ kb^m leisten kann.

Es sind deshalb eher die höchsten Preise für eine frühzeitige Ausführung zu zahlen, als dass letztere bis in den Spätherbst oder sogar Winter ausgedehnt werde.[15]) In der guten Jahreszeit muss man bei Rutschungen und Senkungen, welche sich zuerst nach anhaltendem Regenwetter zu zeigen pflegen, die betreffende Strecke eine Zeit lang sich überlassen, damit sie austrockene und allmählich ablagere und später die Erhöhung mit bester, trockener Deicherde in dünnen Lagen möglichst langsam fortsetzen. — Wird der Deichfuss als Steinböschung hergestellt, so ist diese zweckmässig erst im folgenden Jahre, nachdem sich der Boden besser abgelagert hat, auszuführen; es sind dann auch billigere Arbeitskräfte vorhanden.

Die Verdingung der Erdarbeiten erfolgt, falls nicht etwa erhebliche Senkungen des Deichs zu befürchten sind, am besten nach Deichprofil unter Hinzufügung eines Zuschlages für den Mehrbedarf in Folge der in gewissem Grade stets eintretenden Compression des Untergrundes; erfolgt die Bezahlung nach dem Inhalte der Püttgruben, so sind Betrügereien bei dem öfteren Vollaufen derselben in Folge Ueberströmung des Kajedeichs gar nicht zu verhüten, indem die Arbeiter den Boden aus der auszuhebenden in die benachbarte mit Wasser gefüllte, schon früher abgenommene Grube statt in die Karre werfen. Ist der Kajedeich so erheblich zerstört worden, dass er in der vorgerückten Jahreszeit nicht wieder hergestellt werden kann, so muss in Tide gearbeitet werden, d. h. nur während derjenigen Stunden, wo das Püttenterrain wasserfrei ist; es wird dann die Aufmessung der Pütten bei einer viele Kilometer langen Baustelle ganz unmöglich.[16])

§ 25. Unterhaltung der Seedeiche. Deichvertheidigung. Schliessen der Deichbrüche. Die Unterhaltung der Seedeiche erfolgt mit noch grösserer Sorgfalt als bei den Flussdeichen (vergl. § 14).

Auf eine vollkommen glatte Oberfläche der Aussenböschung kann zur Vermeidung von Schöllöchern nicht genug geachtet werden, da jede kleine Vertiefung Veranlassung zu stärkerem Angriffe der Wellen an der steileren Fläche giebt; durch dünne Lagen von feinem, fruchtbaren Boden, welche im Frühsommer auf solche Vertiefungen wiederholt gebracht werden, lassen sich dieselben allmählich beseitigen. Die Oberfläche des Deiches wird im Jahre nach seiner Herstellung nur mit Schafen,

[15]) Grosse Schwierigkeiten bei der Ausführung entstanden z. B. bei der Bedeichung des grossen Grundbruches bei Larrelt in Ostfriesland, vergl. Notizblatt d. Arch.- und Ing.-Ver zu Hannover, Bd. III, S. 161 und die Fig. 10 und 11 auf Taf. XXXVI. Fast eben so gross waren die Schwierigkeiten bei der Bedeichung des Kaiser-Wilhelms-Polders unweit Emden 1874 und 1875, sowie bei der Bedeichung des Heinitzpolderanwachses, Amts Weener, am Dollart 1876 und 1877.

[16]) Vergl. auch die schwierige Ausführung der deichartigen Enveloppe des Forts auf dem Langlütgensande in der Weser, Mitth. von Runde in der Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. XVIII. Ferner Bedeichung der Maxqueller. Mitth. von Eckermann Zeitschr. f. Bauw. 1875.

später, abgesehen von nasser Zeit, auch mit Hornvieh und Pferden beweidet, um den Rasen mehr zu befestigen. Das Vorland wird, insoweit dasselbe niedriger als $+ 0^m,3$ liegt, zweckmässig nicht beweidet, vielmehr gemäht, da die längeren Halme günstiger für die Aufschlickung sind.

Eine Deichvertheidigung in dem Sinne, wie sie im § 15 bei den Flussdeichen beschrieben ist, findet nicht statt, da die ganz plötzlich auftretende, nur einige Stunden andauernde Sturmfluth wegen der kurzen Zeit nur selten einige Notharbeiten zulässt, dagegen müssen in der kurzen Zwischenzeit bis zur nächsten Fluth, welche sich bei länger anhaltendem Sturme gleichfalls zu grösserer Höhe erhebt, die allerdringendsten Beschädigungen gesichert werden. Der Durchbruch des Wassers muss namentlich nach erfolgter Kappstürzung, d. h. falls die Kappe zum Theil fortgespült ist, durch eine auf dem oberen Theile der Aussenböschung oder in der Kappenlinie errichtete Holzwand, hinter welche Stroh, Mist oder gute Erde gebracht wird, oder durch einen Fangdamm verhütet werden. In gleicher Weise wird auch verfahren, falls eine bis in die Nähe der Kappe reichende Abrutschung oder Abspülung der Binnenböschung erfolgt ist. Grössere Auskolkungen vor dem Fusse der Aussenböschung müssen schleunigst durch Sinkstücke oder Sinkfaschinen ausgefüllt werden. Sind so grosse Schöllöcher an der Aussenböschung eingerissen, dass sie gleichfalls in den folgenden höheren Fluthen durchbrochen werden könnten, so müssen sie nach Planirung der scharfen Kanten sofort entweder mit Stroh bestickt oder mit Faschinen auf einer Stroh-, Rohr- oder Heidekrautunterlage bespreutet oder mit Segeln überdeckt werden. Alle kleineren, nicht unmittelbar gefährlichen Schölstellen werden erst nach der Sicherung der grösseren Stellen bestickt, die kleinsten auch wohl bis zum Frühjahre gelassen, wo nach Beseitigung der Strohbestickungen u. s. w. alle Beschädigungen mit Erde wieder ausgefüllt werden, nachdem die alte Erde zur besseren Verbindung mit der neuen umgegraben ist; auf die neuen Flächen wird dann am besten eine gute Rasendecke gebracht.

Ist ein Durchbruch (vergl. § 16) eingetreten, so hat die Wiederherstellung des Deiches, falls nur ein gewöhnlicher, nicht bis zur Deichbasis reichender Bruch vorhanden ist oder falls bei einem Grundbruche das Vorland über ordinärer Fluthhöhe liegt, keine weiteren Schwierigkeiten, da alsdann keine ein- und austretende Strömung vorhanden ist. Bei einem Strombruche dagegen oder bei einem Grundbruche, dessen Terrain unter ordin. Fluthhöhe liegt, findet täglich zwei Male ein Ein- und Rückströmen der Fluthwelle statt, wodurch der Bruch immer mehr erweitert wird und immer ärgere Zerstörungen im Polder angerichtet werden, namentlich falls die Marsch in grösserer Tiefe unter ordinärer Fluth liegt. Die schleunige Coupirung dieser Strömung ist alsdann nothwendig; sie erfolgt durch die Herstellung eines Kajedeiches, welcher, insoweit die Strömung nicht bedeutend ist, aus guter Erde mit Strohbestickung, andernfalls aber als leichter Kastenfangdamm ausgeführt wird, also aus zwei mit Mist oder guter Erde ausgefüllten Stülpwänden resp. Bretterwänden, welche sich gegen Pfähle lehnen und durch Gurthölzer und Querzangen gehalten werden. Derselbe liegt je nach der Ausdehnung des Kolkes und der Höhenlage des Aussen- und des Binnenlandes entweder aussen oder binnen. Bei sehr heftiger Strömung kann es nothwendig werden, in dem Polder mehrere provisorische kleine Kajedeiche nach einander aufzuführen, um die inundirte Fläche und mit derselben die Strömung allmählich zu vermindern. Um die grosse Geschwindigkeit im Kolke zu mässigen, wird auch wohl die Bruchstelle erweitert, so dass das Wasser bei dem Eindringen in die

Marsch ein grösseres Durchflussprofil findet. Erst nach der Aufführung eines solchen die Strömung beseitigenden Schirmdeiches und nachdem genaue Messungen und Peilungen, die vorher nicht möglich waren, vorgenommen worden, wird die Wiederherstellung des Deiches in Angriff genommen; nur dann erfolgt dieselbe auch ohne einen Kajedeich, falls die Strömung im Kolke während einer längeren Zeit in jeder Tide nicht so heftig ist, als dass sie die Arbeiten erheblich störe.

Der neue Deich wird in der Regel in der alten Linie hergestellt; bei der Auslage entsteht eine sehr exponirte Deichecke, bei der Einlage eine das Auflaufen der Wellen begünstigende trichterförmige Bucht und es verbleibt eine weite und tiefe, die Wellenbildung sehr begünstigende Wasserfläche. Letztere verlandet allerdings da, wo eine starke Aufschlickung stattfindet, zuweilen in der kürzesten Zeit, oft in einem Jahre bei 10 bis 12^{m} Tiefe, während solche tiefe Kolke bei Flussdeichen meist noch nach Jahrhunderten erkennbar sind. Bei günstigen Aufschlickungen und bedeutender Tiefe des Kolkes kann daher trotz der grösseren Länge des Deiches zuweilen die Einlage den Vorzug vor der Durchdeichung verdienen.

Die Durchdeichung wird zwischen zwei unter den Bermen aufzuführenden Faschinencoupirungen, Fig. 9, Taf. XXXVI, die unter Niedrigwasserhöhe aus Sinkstücken, über derselben meist aus Packwerk bestehen, ausgeführt; der Faschinenkörper hat an den Aussenflächen, unter Berücksichtigung der von den Sinkstücken gebildeten Absätze, $1\frac{1}{2}$ bis 2fache Anlage und 2^{m},5 bis 4^{m} Kronenbreite. Die unterste Sinkstücklage wird zweckmässig nach aussen weit vorgelegt, um eine breitere Basis zu erhalten, nicht aber, wie dies auch zuweilen ausgeführt ist, an der inneren Seite, indem sich sonst der eigentliche Deichkörper auf Faschinen lagert, sehr lange Zeit nachsackt und undicht bleibt. Der Bau beginnt mit dem Einbringen der grossen Sinkstücke unter der Aussenberme, erst später wird die Coupirung unter der Binnenberme und zuletzt der zwischen beiden liegende Erddamm hergestellt. Der letztere wird, um den bei der Einschüttung in das Wasser sich bildenden Schlamm und den Schlamm auf der Sohle fort zu schieben, am zweckmässigsten von der einen nach der anderen Seite vorschreitend aus trockener Erde und bei grosser Erstreckung zunächst in Höhe des mittleren Wassers durchgeschüttet, um den trotz der Faschinenkörper noch stattfindenden Durchlauf des Wassers möglichst bald zu unterbrechen. Auf diesem inneren Erdkörper wird alsdann ein etwa 1^{m},5 über ordinäre Fluth reichender Erdkajedeich (s. *e* Fig. 9, Taf. XXXVI) geschüttet, um die Ueberströmung gänzlich zu inhibiren. Ausnahmsweise wird auch wohl die Faschinencoupirung unter der Binnenberme fortgelassen, doch ist alsdann ein weit grösserer Erdbedarf erforderlich; jedenfalls braucht dieselbe aber, da sie hauptsächlich nur den inneren Erdkörper begrenzen soll, nur in geringerer Höhe, bis zum niedrigen oder höchstens bis zum mittleren Wasserspiegel, aufgeführt zu werden. Mit der grössten Vorsicht sind die Sinkstücke an Tauen genau zu leiten und bei ruhigem Wasser mit Steinen oder schweren Rasen so zu versenken, dass sich die Fugen, welche vor dem Aufbringen einer neuen Lage noch durch Steinmaterial oder Senkfaschinen gefüllt werden, möglichst überdecken; falls dieselben kentern oder in den mittleren Raum treiben, so werden sie noch lange Zeit zu Undichtigkeiten Veranlassung geben. Ferner darf die innere Seite der beiden Coupirungen nicht steil angelegt werden, damit sie von dem Deichkörper noch belastet und hierdurch vor dem Fortschieben auf der glatten Sohle bewahrt werden; eine Erhöhung ihrer Krone mit Erde, so dass das obere Packwerk möglichst schwach und niedrig gehalten wird, ist in dieser Beziehung auch von Nutzen.

Die äussere Coupirung wird endlich, falls das Material für den inneren Deichkörper mit Schiffen angefahren werden muss, vorläufig nur in geringerer, dagegen die Binnencoupirung in grösserer Höhe aufgeführt, damit die Schiffe den Boden unmittelbar auswerfen können. Erst nachdem sich der Deich, welcher einem starken Setzen unterliegt, abgelagert hat, pflegt die Durchquellung des Wassers nach dem hinteren Theile des Kolkes, dessen Stand sich bislang mit der Fluth etwas hob und senkte, aufzuhören.[17])

Bei der Durchdeichung von grösseren Wasserzügen oder Meeresarmen wird in gleicher Weise verfahren. Das Profil des durch das Y, den südwestlichen Arm der Zuider See, gelegentlich der Anlage des Amsterdamer Nordsee-Canals geschütteten Deiches, findet man Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 411; das untere Sinkstück liegt unter der ganzen Deichbasis, ist aber später durch die Last der Erde zerrissen worden. Nach ähnlichem Profile, jedoch ohne durchgehendes Sinkstück, ist der von Enkhuizen nach der Yssel-Mündung quer durch die Zuider See zur Trockenlegung des südlichen Theils derselben projectirte 40^{Km} lange Deich entworfen worden.[18])

§ 26. Deichgenossenschaften und Deichschauungen der Fluss- und Seedeiche. Die Anlage und Unterhaltung der Fluss- und Seedeiche erfolgt fast ausnahmslos von den Besitzern derjenigen Grundstücke, welche unter dem Spiegel des höchsten Wassers bezw. der höchsten oder wenigstens einer mittleren Sturmfluth liegen, also von den Deichen geschützt werden. Sie treten zu Deichgenossenschaften oder Deichverbänden, am Unterrhein „Deichschauen" genannt, zusammen und tragen die Deichlasten, welche als Realverpflichtungen nach dem alten deutschen Rechtsgrundsatze „Kein Deich ohne Land, kein Land ohne Deich" mit dem Grundstücke selbst in der Regel unablöslich verbunden sind, entweder im Verhältnisse der Grösse der Grundstücke oder nach einem durch die Fläche, Höhenlage, Bonität und Beschaffenheit derselben festgestellten Verhältnisse; im letzteren Falle werden mehrere, z. B. drei Classen gebildet, so dass die werthvollsten und niedrigsten Grundstücke der ersten Classe, die höchsten und schlechtesten Grundstücke der letzten Classe angehören.

In früherer Zeit bestand fast ausschliesslich die Pfand- oder Kavelwirthschaft, d. h. zu jedem Grundstücke gehörte eine bestimmte, durch Pfähle oder Steine markirte Deichstrecke, deren Länge im Verhältnisse zu der Grösse des Grundstücks, dessen Besitzer ausschliesslich für jenes Pfand (Kavel oder Kabel) zu sorgen hatte, stand. Vermochte er, wie dies bei stark exponirten Seedeichen oft genug vorkam, die Last nicht zu tragen, so gingen, nachdem er den Spaten in den Deich gesteckt, nach altem friesischen „Spatenrechte" Deich und zugehöriges Grundstück ihm verloren und in den Besitz desjenigen über, welcher den Spaten ergriff und die Last an seiner Stelle übernahm. Aber auch in der neueren Zeit ist den auf Deichverpflichtungen beruhenden Forderungen überall ein Vorzugsrecht eingeräumt.

Ausser jener Pfandwirthschaft kommt jetzt die Communionwirthschaft vor, bei welcher die Unterhaltung Seitens der Deichgenossenschaft in Communion getragen und durch den Vorstand besorgt wird, während die Grundstückbesitzer die entstandenen Kosten nach einem bestimmten Beitragsfusse baar aufbringen. Die Pfandwirthschaft belastet die Grundbesitzer in sofern weniger, als dieselben ihre eigenen Arbeiter zu gelegener Zeit mit den Arbeiten am Deiche beauftragen können, und dass, was namentlich für Flussdeiche von der grössten Bedeutung ist, jeder Grundbesitzer ein lebhafteres Interesse für seine Kavel während der Deichvertheidigung hat. Die Güte der Arbeit ist jedoch, da sie ohne gehörige Aufsicht in der Regel ausgeführt wird und weil stets auch lässige Deichhalter vorhanden sind, im Ganzen genommen eine schlechtere, weshalb die Communionwirthschaft im Principe vorzuziehen ist.

In vielen Deichverbänden, z. B. in der Provinz Hannover, ist eine Vereinigung der beiden Unterhaltungsarten in der Weise mit grossem Vortheil eingeführt, dass die gewöhnlichen kleinen

[17]) Vergl. auch die Mittheilung über den Deichdurchbruch an der Jade von Wagner in der Zeitschr. f. Bauw. 1864.

[18]) Vortrag des Verfassers in der Zeitsch. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 276.

Unterhaltungsarbeiten und die Deichvertheidigung, welche zusammen die sog. ordentliche Deichlast bilden, pfandweise von den einzelnen Grundbesitzern ausgeführt werden, während grössere Arbeiten, wie Erhöhungen und Verstärkungen des Deichs, Schliessung der Deichbrüche, Uferschutzwerke, Regulirungswerke, Verwaltungskosten u. s. w., als ausserordentliche Deichlast in Communion getragen werden. Um im letzteren Falle das Interesse für die eigene Kavel zu erhöhen, ist oft bestimmt, dass der Besitzer derjenigen Kavel, in welcher ein Deichbruch erfolgt, ein „Voraus“, etwa ein Drittel, zu den Kosten tragen muss.

Die Organisation der Deichverbände ist sehr verschieden; die Grundbesitzer wählen gewöhnlich nach dem Verhältnisse ihres Beitragsfusses Vertreter, welche die Leitung des Verbandes auf Grund der Deichordnung oder des Deichstatuts unter Oberaufsicht des Staats ausüben oder es erfolgt die Leitung unmittelbar seitens des Staates. Das in der Regel landesherrlich zu vollziehende Statut enthält Bestimmungen über den Umfang des Societätsgesetzes, die Deichpflicht, die Eigenthumsbeschränkungen, die Oberaufsichtsrechte des Staats, die Organisation und Befugnisse der Deichverwaltungsbehörde, die Deichschauungen, die Mitwirkung und Rechte der Deichgenossen.[19])

Die zur Zeit zu Recht bestehenden Deichordnungen oder Deichstatute sind zum Theil sehr alt; so gilt z. B. am preussischen Unterrhein das Reglement des Herzogthums Cleve von 1767, in der Landrostei Stade die bremische Deichordnung von 1743.[20])

Die alten Deichordnungen enthalten die härtesten Strafen nicht allein für alle Unterlassungen und Pflichtwidrigkeiten, sondern oft selbst für unschickliches Benehmen (z. B. Fluchen) während der Deicharbeiten.

In den Deichordnungen ist auch festzustellen, dass die Deiche zweimal im Jahre einer Schauung Seitens der Deichbeamten unterzogen werden; bei der gewöhnlich im Mai abzuhaltenden Frühjahrsschau werden die während des Sommers und zwar möglichst vor der Ernte vorzunehmenden Arbeiten angeordnet, bei der gewöhnlich im September abzuhaltenden Herbstschau wird nachgesehen, ob dieselben auch ausgeführt sind und sich der Deich in einem wehrfähigen Zustand befindet. Das bei den Schauungen Verfügte, sowie die angedrohten und festgesetzten Strafen werden in den Schau-Protocollen aufgenommen. Bei den Schauungen ist mit Strenge darauf zu halten, dass Bäume, Sträucher oder Unkraut beseitigt, Erde nicht in unmittelbarer Nähe des Deichs gegraben, die Bermen nicht beackert, keine Vertiefungen, Brunnen oder Gebäude in der Binnenberme angelegt, Rampen und Deichkrone sowie namentlich die Böschungen im besten Zustande unterhalten und alle durch das Hochwasser entstandenen Beschädigungen ausgebessert werden. Ausser den beiden Hauptschauungen sind nach jeder höheren Sturmfluth ausserordentliche Besichtigungen, sog. „Nothschauungen“ vorzunehmen und ferner haben sich die untergeordneten Deichbeamten durch die „Nachschau“, etwa Ende October, zu überzeugen, ob die bei der Hauptschau angeordneten Arbeiten erledigt wurden.

Auf der Binnenseite der Deichkappe sind in Entfernungen von 100^m mit laufenden Nummern versehene Deichhöhensteine aus festen Steinen oder Gusseisen einzusetzen, welche wegen des Sackens des Deichs nach Verlauf einiger Jahre nachnivellirt werden müssen. Für einen neuen Deich sind auch auf der Binnenberme in grösseren Entfernungen gut fundirte Höhenpunkte anzulegen, um die genaue Deichhöhe mit Leichtigkeit erhalten zu können.

Zum Schlusse möge aus den folgenden Beispielen ersehen werden, von welcher Bedeutung die vorhandenen Deichanlagen sind:

[19]) Für die preussische Monarchie sind das Gesetz über das Deichwesen vom 28. Januar 1848 und die allgemeinen Bestimmungen für künftig zu erlassende Deichstatute vom 14. November 1853 maassgebend. Vergl. auch Nieberding. Wasserrecht und Wasserpolizei im preussischen Staate. Breslau 1866. Kletke Rechtsverhältnisse der Landescultur-Genossenschaften in Preussen. Berlin 1870.

[20]) Sammlung der Wasserbaugesetze für Hannover. Celle 1859.

In der Provinz Hannover haben die unter staatlicher Oberaufsicht stehenden Winterdeiche (also mit Ausschluss der Privatpolderdeiche und Sommerdeiche) 994^{Km} Länge und schützen $312\,000^{Ha}$ oder pro Kilometer durchschnittlich 314^{Ha}; in denselben befinden sich 358 Entwässerungsschleusen.[21]

Das eingedeichte Oderbruch auf dem linken Oderufer umfasst $68\,003^{Ha}$, die Eindeichung des Weichsel-Nogat-Delta $49\,725^{Ha}$, die altmärkische Wische-Niederung $40\,019^{Ha}$, das Memel-Delta $34\,425^{Ha}$, das Warthebruch $31\,268^{Ha}$ und kommen bei demselben pro Kilometer Deichlänge am rechten Ufer 268^{Ha} und am linken Ufer 226^{Ha} geschützte Fläche.[22] Die Loire-Deiche zwischen dem Allier und dem Meere beschützen bei 484^{Km} Länge $95\,617^{Ha}$ oder pro Kilometer durchschnittlich 197^{Ha}; die Po-Deiche zwischen dem Tessin und dem Panaro bei 514^{Km} Länge $324\,500^{Ha}$ oder pro Kilometer durchschnittlich 630^{Ha}, doch dehnen sich unterhalb des Panaro bis zum Meere noch sehr grosse Flächen aus.[23]

Die relativ grösste Wichtigkeit haben die Deiche aber bekanntlich für die Niederlande, bei denen grosse Provinzen, namentlich Nord- und Südholland, von den Deichen beschützt werden.

21) Notizblatt des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. I.

22) Perels. Landwirthschaftlicher Wasserbau. Berlin 1877.

23) Comoy. Mémoires etc.

Literatur.

Hunrichs. Deich-, Siel- und Schlengenbau 1. Theil. Bremen 1770.
Woltmann. Beiträge zur hydraulischen Architectur. Göttingen 1791—1799.
Buchholz. Darstellung des Deich- und Faschinenbaues. Hannover 1824.
Caland. Dyksbouw en Zeeweringskunde. Zieriksee. 1833.
Baud. Waterbouwkunde. Gravenhage. 1836.
Storm-Buysing. Waterbouwkunde. Breda 1864.
Hagen. Wasserbaukunst 4. Band und Seebau 1. Band.
Comoy. Mémoires sur les ouvrages de défense contre les inondations. Paris 1868.
Dupuit. Des inondations; examen des moyens proposés pour en prévenir le retour. Paris 1858.
Vallès. Études sur les inondations. Paris 1858.
Wehrmann. Eindeichung des Oderbruchs. Berlin 1861.
Dannemann. Melioration des Warthebruchs. Berlin 1866.
Binnenflüsse im Grossherzogthum Baden. 1865.
Kletke. Deichwesen des preussischen Staats. Berlin 1868.
Rust. Deichwesen der unteren Elbe. Berlin 1870.
Eindeichungen am Var und an der Durance in den Annales des ponts et chaussées. 1871 und 1876.
Nachrichten über die Ströme des preussischen Staats in Zeitschr. f. Bauw. 1856, 1857, 1859, 1861, 1862, 1864, 1870.
(Weitere Literatur über Hochwasser und Inundationen siehe Cap. V. § 8.)

XII. Capitel.

Meliorationen.

Bearbeitet von

A. Hess,

Wasserbau-Inspector und Meliorations-Bauinspector für die Provinz Hannover.

(Hierzu Tafel XXXVII bis XXXIX und 8 Holzschnitte).

§ 1. Die Vorarbeiten für Landes-Meliorationen. Die Vorarbeiten für Landes-Meliorationen sollen den Zustand der zu verbessernden Grundstücke klar legen, so dass die bestehenden Uebelstände erkannt und die zur Abhülfe erforderlichen Anlagen projectirt werden können.

1. Die geometrischen Arbeiten. Es ist eine Karte des Meliorationsobjects anzufertigen; bei kleinen Anlagen werden die Katasterkarten im Maasstabe von $\frac{1}{2000}$ direct benutzt werden können, bei grossen Objecten müssen zur bessern Uebersicht die Karten auf einen kleinen Maasstab reducirt und zusammengetragen werden; Aufmessungen werden nur in seltenen Fällen erforderlich sein. Bei sehr grossen Anlagen muss ausserdem eine Uebersichtskarte in ein bis zwei Blättern zusammengestellt werden, bei Entwässerungsanlagen eine Karte des Sammelgebiets. Die Specialkarten müssen ausser den Flüssen, Zuggräben, Wegen, Brücken, Schleusen u. s. w. die Eigenthumsgrenzen und Angabe der Katasternummern der Eigenthümer enthalten. Die Feldmarksgrenzen sind durch farbige Linien zu bezeichnen.

2. Die nivellitischen Vorarbeiten. Für Entwässerungsanlagen wird in der Regel die Ausführung des Längennivellements genügen, nur hat man darauf zu achten, dass die Tiefenlage ausgedehnter Niederungen nöthigenfalls durch Seitennivellements festgelegt wird. Die Nivellements sind an den vorhandenen Flüssen, Bächen und Zuggräben entlang zu legen und ist der Normal-Sommerstand, der höchste Sommer- und Winterwasserstand zu ermitteln, das Terrain und die Fluss- oder Grabensohle aufzunehmen, auch die Höhe der etwa vorhandenen Deiche. Ferner muss eine Aufnahme von Querprofilen der Wasserzüge angeordnet werden, auch sind die Zeichnungen der Brücken, Schleusen u. s. w. anzufertigen. Mit besonderer Sorgfalt sind die Verhältnisse an den Mühlen und sonstigen Stauwerken zu ermitteln, namentlich die Sommer- und Winterstauhöhe, die Einrichtung der Mühle, Anzahl der Gänge und

Beschaffenheit des Motor, die Wasserstände oberhalb und unterhalb der Mühle, die Schwellen der Mahlgerinne und der Freifluth u. s. w. Die Verhältnisse des Recipienten, in welchen die Entwässerung geschehen soll, sind ebenfalls klar zu legen und zwar auf eine grössere Längenausdehnung. Ist nach den Localverhältnissen die Anlage eines Entwässerungscanals abweichend von den vorhandenen Wasserzügen wahrscheinlich oder möglich, so sind dem ausführenden Techniker die erforderlichen Instructionen in Betreff der Richtung zu ertheilen und diese Linien in der Regel mit Aufnahmen von Seitenpunkten oder Querprofilen zu nivelliren, auch eventuell verschiedene Concurrenzlinien zu untersuchen.

Für Bewässerungsanlagen ist in der Regel die Ausführung eines Flächennivellements zweckmässig, die Entfernung der Netzpunkte von einander richtet sich nach den Terrainverhältnissen und nach der Art der Bewässerung; bei ebenem Terrain können die Punkte in grösserer Entfernung genommen werden, ein Kunstwiesenbau erfordert eine grössere Anzahl Höhenpunkte als eine Stauberieselung; der leitende Techniker hat nach Erwägung dieser Verhältnisse den ausführenden Techniker zu instruiren, damit einestheils die Kosten der Nivellements thunlichst beschränkt werden, anderntheils aber auch bei der späteren Bearbeitung des Projectes genügende Daten vorliegen. Die Behandlung der Entwässerungszüge geschieht wie unter 2 angegeben, die Linie des Zuleitungscanals ist nach Ermittelung der Wasserstände in dem Flusse oder Bache, aus welchem das Wasser entnommen werden soll, mit Berücksichtigung der Localverhältnisse annähernd zu ermitteln und je nach den Verhältnissen in grösserer oder geringerer Breite zu nivelliren. In bergigem oder hügeligem Terrain bieten die in die Karte zu tragenden Horizontal- oder Höhencurven eine gute Uebersicht.

Bei Ausführung ausgedehnter Flächennivellements empfiehlt es sich, die auf einen gemeinschaftlichen Horizont reducirten Höhen nicht in die Originalkarten, sondern in Durchzeichnungen derselben, welche auf Papier und Leinen geklebt und im Felde gebraucht werden, einzutragen. Auf diesen sog. Klappkarten wird das Project entworfen und in die Originalkarten übertragen. Die Bezeichnung der Eigenthümer bleibt in den Klappkarten weg, dagegen sind die Eigenthumsgrenzen anzugeben.

Sollen die Vorarbeiten nur generell ausgeführt werden, so sind statt des Flächennivellements nur einzelne Linien zu nivelliren, derartige Arbeiten können aber nur dazu dienen, die Möglichkeit einer Bewässerungsanlage zu constatiren. Die Ausarbeitung eines Projects setzt specielle Nivellements voraus und erscheint es in hohem Grade bedenklich nach generellen Vorarbeiten ein grosses Project in allgemeinen Zügen zu entwerfen und den Wiesenbaumeistern die weitere Bearbeitung zu überlassen.

Die von der holländischen Regierung herausgegebene, sog. Waterstaats-Karte der Niederlande im Maasstabe von 1:50000, welche die Höhenverhältnisse der Terrains und die Wasserstände enthält, kann als ein Muster der besprochenen Arbeiten bezeichnet werden.

3. Pegelbeobachtungen. Consumtionsmessungen und Bodenuntersuchungen. Da regelmässige Pegelbeobachtungen nur an grösseren Flüssen ausgeführt werden, so wird es meistens erforderlich sein bei Projectirung grösserer Anlagen Pegel an den Hauptentwässerungszügen, an dem Recipienten und an dem Flusse u. s. w., aus welchem die Ableitung erfolgen soll, anzubringen und beobachten zu lassen. Während der Ausführung der Vorarbeiten wird die Consumtion dieser Gewässer bei verschiedenen Pegelständen und in der Nähe der Pegel gemessen, bei ganz

geringen Wassermengen kann man die Messung durch Kasten oder vermittelst Ueberfälle ausführen, gewöhnlich wird man den Woltmann'schen Flügel oder Schwimmer benutzen (vergl. Cap. V, § 25 und 26). In der Nähe der Pegel hat man mit Sorgfalt die ordinären Sommerwasser, die höchsten Sommer- und Winterwasser, sowie den niedrigsten Wasserstand zu ermitteln und auf die Pegel zu übertragen, so dass sich die Consumtion auch für die nicht beobachteten Wasserstände annähernd berechnen lässt.

Bei Gelegenheit der nivellitischen Vorarbeiten ist auch der Grund und Boden des Meliorationsobjects zu untersuchen, in ausgedehnter Weise muss diese Arbeit bei der Trockenlegung der Moore ausgeführt werden, da bei der Bearbeitung des Projectes die Tiefenlage des festen Untergrundes vollständig bekannt sein muss.

Von Nutzen ist es in vielen Fällen den Grundwasserstand festzulegen, es muss dies bei trockener Witterung geschehen und müssen die Gruben mindestens 24 Stunden vor der Einwiegung des Wasserstandes gegraben sein. Die Verhältnisse der in dem Objecte etwa bereits vorhandenen Meliorations-Anlagen sind mit Sorgfalt zu ermitteln.

A. Die Entwässerung der Ländereien.

§ 2. Die Unterhaltung der natürlichen Wasserzüge. Die Unterhaltung der natürlichen Wasserzüge ist von der grössten Wichtigkeit für die Landwirthschaft, je geringer das Gefälle, je nachtheiliger sind die Verunreinigungen der Abzüge, die sorgfältigste Aufsicht in Betreff der Reinigung findet man daher in den Marschen, namentlich am Meere oder in den Fluthregionen, woselbst der Abfluss zeitweise gehemmt ist.

Die Unterhaltung der natürlichen Wasserzüge wird erschwert:

1. durch die unvollkommenen gesetzlichen Bestimmungen, welche es nicht gestatten, den Räumungspflichtigen die Erhaltung des Normalprofils aufzugeben, sondern nur die Krautung, Wegräumen von Busch u. s. w.,

2. durch die Observanz, nach welcher nur dem Uferanlieger die Räumung obliegt, während sämmtliche Besitzer der Grundstücke im Thale den Vortheil geniessen,

3. durch die *vis inertiae* der Grundbesitzer.

Die Bildung von Genossenschaften zur Normalisirung des Baches, Flusses u. s. w. mit der Verpflichtung das Normalprofil zu erhalten und Einrichtung einer geeigneten Aufsicht, sowie regelmässige sog. Schauungen (d. h. Besichtigungen der Aufsichtsbehörde mit gleichzeitiger Anordnung der nothwendigen Verbesserungen) bringen den Grundbesitzern grosse Vortheile.

Die Unterhaltung eines Wasserzuges besteht in dem Abstechen der anwachsenden, meistens convexen Ufer, der Sicherung der abbrechenden Ufer durch Ausfüllen mit Erde und Besoden, durch Anlage von Grundbetten oder durch Pfahlreihen, sowie in dem Auswerfen der sich bildenden Sandhäger. Bäume und Gebüsch, mit Ausnahme niedriger Weiden sollten am Ufer nicht geduldet werden, die Wurzeln zerstören das Ufer und die überhängenden Büsche verunreinigen das Bett.

Das Kraut an den Böschungen muss rechtzeitig abgemäht werden, auch müssen die Wasserpflanzen im Flussbette von Zeit zu Zeit ausgemäht werden, dichtes Kraut erschwert den Abfluss des Wassers in hohem Grade und kann die Wasserführung bis auf die Hälfte erniedrigen oder bei gleicher Wassermenge den Wasserspiegel erheblich erhöhen.

Treten vor der Heuernte häufig Hochwasser ein oder doch höhere Wasserstände, welche bei ungenügender Beschaffenheit des Flussbetts Ausuferungen bewirken können, so ist die Räumung ohne Rücksicht auf den entstehenden Schaden gegen Ende Mai auszuführen, dieses System ist z. B. mit günstigem Erfolge an der Schunter eingeführt, welche in den ersten Tagen des Monat Juni geschaut wird. In anderen Fällen kann es zweckmässig sein, die Arbeiten bis nach der Grummeternte zu verschieben und im Sommer nur nach Bedürfniss die Krautungen auszuführen.

Kann das Wasser abgeleitet oder zeitweise zurückgehalten werden oder tritt im Herbst ein niedriger Wasserstand ein, so können die Räumungen in gewöhnlicher Weise ausgeführt werden, anderenfalls muss man zu Baggerungen seine Zuflucht nehmen. In der Regel wird die Verwendung gewöhnlicher Handbagger, mit welchen je nach der Breite des Wasserzuges vom Ufer oder vom Schiff oder Floss aus gearbeitet wird, genügen. Bei grösseren Arbeiten wendet man Eimer-Bagger an; Debauve[1]) beschreibt eine einfache Vorrichtung, welche durch zwei Arbeiter bewegt wird, der Bagger ist auf dem Flusse Essonne in der Nähe von Corbeil in Thätigkeit und lieferte 50 bis 70 kb^m an einem Arbeitstage. Das Baggergut wurde durch geneigte Leitungen von Holz oder Blech an das Ufer geführt. Die Kosten der Vorrichtung belaufen sich auf 1440 Mark. Die Angaben der Leistung erscheinen sehr hoch.

Ein in Frankreich auf kleinen Flüssen oder Canälen verwendeter Bagger[2]) wird durch eine Locomobile von 4 Pferdekräften getrieben und liefert täglich 40 bis 70 kb^m. Zur Bedienung werden 12 Mann verwendet und 2 Transportfahrzeuge. Die Kosten beliefen sich auf:

Schiff nebst Zubehör	800	Mark
Locomobile	3360	„
Bagger	2240	„
Transmission	480	„
zusammen	6880	Mark.

Lagrené[3]) beschreibt eine ähnliche Vorrichtung mit einer Locomobile von 4 bis 5 Pferdekräften, berechnet die theoretische Leistung auf 216 kb^m, fügt indess hinzu, dass bei ungünstigen Bodenarten die Leistung bis auf 80 kb^m herabsinkt.

Ist der Wasserstand während der Ausführung der Krautungen so hoch, dass die Arbeiter nicht in den Bach u. s. w. steigen können, so wird die Beseitigung des Krautes nur unvollkommen geschehen, man hat daher eine Vorrichtung ersonnen, um vom Ufer aus die Krautung zu bewirken. Der Apparat[4]) besteht aus einer Kette von Sensenklingen, deren Länge der Breite des zu reinigenden Wasserlaufes entspricht und von Arbeitern, welche an beiden Ufern langsam stromaufwärts schreiten, fortgezogen wird. Durch angehängte Gewichte wird erreicht, dass die Sensen sich genau an den Boden anlegen. Der Apparat ist nur bei regelmässigen Wasserläufen, welche namentlich keine Erhöhungen und Vertiefungen in der Sohle zeigen, anwendbar; bei Gräben von 4 bis 5^m Breite wird derselbe durch 2 bis 3 Menschen fortbewegt und die Kosten belaufen sich für den laufenden Meter auf etwa 6 Pfennige. Die Kosten des Apparates betragen etwa 80 Mark.

[1]) Manuel de l'ingenieur, S. 5.

[2]) Annales industrielles, 30. Januar 1876.

[3]) Lagrené. Cours de navigation intérieure, Band II, S. 170.

[4]) Ann. des ponts et chaussées. 1852, S. 244.

§ 3. Die Entwässerung einzelner Grundstücke durch offene Gräben. Bei einem durchlassenden Boden oder bei geneigter Lage der Grundstücke bedarf es künstlicher Anlagen zur Entwässerung nicht, das Regenwasser versinkt entweder oder gelangt auf der Oberfläche oder in den Furchen zum Abfluss. Der undurchlassende ebene Boden erfordert indess Vorrichtungen zur raschen Abführung des Tagewassers und werden zu diesem Zwecke Furchen und Gräben angelegt. Die Furchen werden in der Weise hergestellt, dass man zweimal mit dem Pfluge in der Linie des Wasserabzugs entlang zieht und das erste Mal links, das andere Mal rechts die Schollen aufwirft; bei sehr langen Ackerstücken oder bei dem Vorhandensein von Niederungen legt man Querfurchen an, welche das Wasser in die Zuggräben führen. Eine aufmerksame Betrachtung des Ackers im Frühjahr lässt ohne Weiteres die Linien erkennen, in welchen diese Furchen am zweckmässigsten anzulegen sind.

Zur Aufnahme des Wassers aus den Furchen werden Zuggräben angelegt, welche das Wasser in die Hauptgräben führen. In den Niederungen wird jedes Ackerstück von 10 bis 14^{m} Breite von Gräben begrenzt, welche theils zur Sammlung und raschen Abführung des Wassers dienen, theils das Material zur Erhöhung der Ackerstücke liefern. Nach Thaer[5]) soll die Erhöhung der Stücke durch das Aufpflügen nicht über $0^{m},2$ betragen. Ist das Terrain sehr niedrig, so legt man die Gräben in geringerer Entfernung und mit bedeutender Breite an, um das Material zur Erhöhung zu gewinnen; in den Niederungen an der Elbmündung findet man Gräben von 4 bis 6^{m} Breite.

Von muldenförmigen Einsenkungen des Terrains leitet man zweckmässig das Wasser durch Fanggräben an der oberen Seite ab.

Von dem Engländer Elkington wurde die Entwässerung von Grundstücken durch Bohrlöcher in die unterhalb liegenden durchlassenden Schichten mit Erfolg bewirkt, es erfordert diese Methode indess eine genaue geognostische Untersuchung des Terrains, damit man nicht etwa statt der Saugschächte sich neue Quellen erschliesst und das Uebel verschlimmert.

In Deutschland ist diese Methode häufig mit Erfolg zur Anwendung gebracht[6]), auch in Frankreich hat man in ähnlicher Weise brunnenförmige Löcher mit Steinen ausgefüllt und mit leichter Erde bedeckt.[7])

a. Die Entwässerung einzelner Grundstücke durch Drains.

§ 4. Definition der Drainage und historische Einleitung. Unter Drainage versteht man die Trockenlegung nasser Grundstücke durch unterirdische Abzüge.

Schon im Alterthum war diese Melioration der Ländereien bekannt, wenn man auch nicht annehmen darf, dass grössere Flächen in systematischer Weise drainirt wurden, Palladius giebt eine Beschreibung von Arbeiten, welche zur Trockenlegung ausgeführt wurden und der Pfarrer Secchi fand in Alatri vollständige Drainage-Anlagen der alten Römer. Im Mittelalter ging die Kunst der Drainage verloren und erst in der Mitte des 17. Jahrhunderts finden sich die ersten Spuren systematischer Drainage in England. Dieses Land war durch die Boden- und klimatischen Verhältnisse vorwiegend auf die Drainage angewiesen. Fast 10 Millionen Hectare, deren Cultur durch Nässe verhindert wurde, harrten dort einer Verbesserung. In dem

5) Rationelle Landwirthschaft, Band 3.

6) Allgemeine Landwirthsch. Zeitung, 1862, No. 27.

7) Bull. de la soc. d'encourag. 1847.

18. Jahrhundert fand in England die Drainage zwar schon eine grössere Verbreitung, die unvollkommenen Methoden wurden aber beibehalten und erst 1830, als die ersten Versuche mit gebrannten Röhren gemacht wurden, erfolgte ein grösserer Aufschwung, der um 1840 nach Einführung der jetzigen vollkommenen Methode mit cylindrischen Röhren die lebhafteste Unterstützung der Regierung hervorrief. Es wurden den Grundbesitzern aus der Staatskasse Vorschüsse geleistet, welche bis zum Jahre 1850 bereits die Höhe von etwa 165 Millionen Mark erreichten und in jährlichen Raten zurückgezahlt wurden. Bis zum Jahre 1860 waren bereits 600000 Hectare drainirt.

Auf dem Continent folgte in der Mitte dieses Jahrhunderts zunächst Belgien, welches durch seine Lage auf bessere Entwässerung angewiesen war, dem Beispiele Englands. Die Regierung unterstützte durch die Gesetzgebung und durch Anstellung von Ingenieuren, sowie durch Vorschüsse die Grundbesitzer und fand die Melioration rasch Anerkennung in der ganzen Ausdehnung des Königreichs. Fast zu derselben Zeit begann auch Frankreich die Drainage einzuführen, im Jahre 1867 waren bereits 200000 Hectare drainirt mit einem Kostenaufwande von durchschnittlich 208 Mark und eine Ertragssteigerung von 46 Mark auf das Hectar. Die Fläche der Grundstücke mit undurchlassendem Boden beträgt in Frankreich 21 Millionen Hectare, von denen etwa 14 Millionen Hectare durch Drainage verbessert werden können. Von Belgien aus verbreitete sich die Drainage nach Deutschland und Oesterreich und wird jetzt allgemein als ein bedeutendes Culturmittel in den Gegenden mit schwerem Boden anerkannt. — Die Kosten der Drainage belaufen sich in Preussen auf 100 bis 200 Mark für das Hectar.

§. 5. Nachtheile der zu grossen Nässe im Boden und Bezeichnung der für die Drainage geeigneten Bodenarten. Die anhaltende Nässe im Boden, welche sich namentlich im Frühjahr fühlbar macht, erschwert die Bestellung der Grundstücke in hohem Grade, Pferde und Menschen arbeiten sich nur mühsam durch den aufgeweichten Boden, nachdem derselbe durch die günstigere Witterung des Frühjahres endlich so weit abgetrocknet, dass eine Bearbeitung möglich geworden ist. Das nahe unter der Oberfläche stehende Wasser, sei es nun Grundwasser, welches durch tiefere undurchlassende Schichten angestaut ist, oder sei es Wasser, welches durch die thonige Beschaffenheit des Bodens von den atmosphärischen Niederschlägen zurückgehalten wurde, verdunstet und erzeugt dadurch Kälte, welche den Vegetationsprocess verzögert. Die Wurzeln der Pflanzen können nur bis zu dem Grundwasserstande sich ausdehnen, ein hoher Wasserstand beschränkt daher das Gebiet, aus welchem die Pflanze naturgemäss ihre Nahrung zu entnehmen hat, und hindert dadurch eine üppige Entfaltung. Durch die grosse Nässe wird ferner die wohlthätige Einwirkung der Luft auf die Pflanzenwurzeln ausgeschlossen, die Luft und auch die warmen Regen mit ihren befruchtenden Gasbeimengungen können nicht ihre Wirkung auf die Pflanzenwurzeln ausüben. Die schweren, nicht entwässerten Bodenarten werden nach dem Abgange des Wassers hart, so dass eine Bearbeitung kaum mehr stattfinden kann, der Landwirth muss seine Arbeitskräfte bedeutend vermehren, um in der kurzen Zeit zwischen der breiigen und steinharten Beschaffenheit des Bodens die Bestellung zu bewirken. Die Pflanzenwurzeln können in dem erhärteten Boden sich nicht entfalten und verkümmern namentlich bei länger andauernder Dürre. Die Verwerthung des Düngers kann nur bei Zutritt der Luft geschehen, daher der geringe Nutzen des Düngers, sobald das Grundwasser nahe unter der Oberfläche steht.

Aus dem Vorstehenden lässt sich bereits auf diejenigen Bodenarten schliessen,

welche hauptsächlich für die Drainage geeignet sind, es sind die sogenannten schweren und kalten Bodenarten, also lehmiger und thoniger Boden, und die durchlassenden Bodenarten, welche auf undurchlassendem Untergrunde ruhen und daher einen hohen Grundwasserstand haben. Auszuführen ist die Drainage nur in dem Falle, dass ein genügendes Gefälle vorhanden ist, wo dasselbe fehlt, wie z. B. in den Flussniederungen, muss man die Entwässerung mit dem geringsten Gefälle d. h. durch offene Gräben schaffen oder durch andere Mittel die bindige Beschaffenheit der Ackerkrume lockern, wie solches z. B. an der unteren Elbe durch das sog. Kuhlen, das Ausgraben des im Untergrunde befindlichen klai- und kalkhaltigen Sandes und Aufbringen desselben auf die Ackerflächen, seit langen Jahren mit grossem Erfolg geschieht.

Ein durchlassender Boden, in welchem das Regenwasser rasch versinkt und aus welchem das Grundwasser mit genügendem Gefälle nach dem Recipienten abziehen kann oder in welchem das Grundwasser einen so tiefen Stand hat, dass ein zeitweises Ansteigen unschädlich bleibt, bedarf der Drainage nicht. Von der zeitweise aufgetauchten Idee, derartige Grundstücke durch Luftdrains zu verbessern, ist man zurückgekommen.

In der Praxis wird es nicht schwer sein die der Drainage bedürftigen Grundstücke aufzufinden, die Vegetation giebt auch im trockenen Sommer genügende Kennzeichen, es finden sich auf zu nassen Grundstücken die Carex-Arten, der Hahnenfuss, Binsen, Schachtelhalm und dergleichen Pflanzen, auf Ackerländereien weist die verspätete und kümmerliche Vegetation auf zu grosse Nässe hin; im Frühjahr bleibt die Ackerkrume dieser Grundstücke breiartig, während andere der Entwässerung nicht bedürftige Grundstücke bereits abgetrocknet sind; auch sind derartige Flächen durch die dunkle Farbe erkennbar.

Eine sichere Methode der Untersuchung ist das Graben von Löchern und Beobachtung des Wasserstandes längere Zeit hindurch; verbindet man die Einzelbeobachtungen durch Nivellements mit einander, so erhält man werthvolle Daten über das Gefälle und die Richtung des abziehenden Grundwassers. Es lässt sich durch derartige Beobachtungen ermitteln, ob die Nässe durch die atmosphärischen Niederschläge oder durch Quellen im Untergrunde entsteht; ist das zurückgehaltene Regenwasser die Ursache, so wird nach eingetretener günstiger Witterung der Wasserstand baldigst sich senken, während bei einer Bildung der Nässe durch Quellen der Wasserstand noch längere Zeit in einem Beharrungszustande bleiben wird.

§ 6. Die Vortheile der Drainage und die Nachtheile derselben. Die Vortheile der vollständigen Entwässerung der Grundstücke durch Drains werden allgemein anerkannt und ist die fortschreitend grössere Ausbreitung dieser Melioration der sicherste Beweis für die Rentabilität.

Die Bearbeitung der drainirten Grundstücke kann im Frühjahr 8 bis 14 Tage früher erfolgen, ist wegen der lockeren Beschaffenheit der Ackerkrume, welche durch das Eindringen der Luft befördert wird, wirksamer und kann bis zu einer grösseren Tiefe durchgeführt werden. Die Wurzeln der Pflanzen dringen tiefer in den Boden ein und werden dadurch in den Stand gesetzt Nahrungsstoffe in reichem Maasse aufzunehmen. Durch den Zutritt der Luft in die oberen Schichten der Ackerkrume wird die Vegetation und die Reife der Pflanzen befördert, das Stroh wird kräftiger und länger, die Körner werden in grosser Anzahl und stärker ausgebildet. Die Unkräuter vermindern sich. Bei anhaltender Trockniss sind die tief in den gelockerten Boden eindringenden Wurzeln im Stande die erforderliche Feuchtigkeit aufzunehmen;

die Befürchtungen, dass drainirte Grundstücke zu trocken gelegt würden, haben sich als grundlos erwiesen. Der Dünger kommt auf drainirten Grundstücken zur besten Wirksamkeit.

Die Bearbeitung der drainirten Aecker wird durch ebene, von Gräben nicht durchschnittene Flächen in hohem Grade erleichtert, namentlich wird die Anwendung von Maschinen möglich und dadurch die Zeit der Bearbeitung wesentlich abgekürzt und die Kosten verringert. Die Drainage wirkt ferner vortheilhaft auf den Gesundheitszustand, wie jede andere Art der Entwässerung, da die durch Verdunstung entstehende Feuchtigkeit der Luft sich vermindert.

Als Nachtheil der Drainage wird angeführt, dass die düngenden Bestandtheile vom Wasser in die Drains geführt würden und für die Vegetation verloren seien. Die Versuche über diesen Gegenstand können noch nicht als abgeschlossen angesehen werden, jedoch dürfte schon so viel feststehen, dass bei tiefer Drainage diese Nachtheile unbedeutend sind gegen die Vortheile.

Nach den Untersuchungen von Boussingault enthält das Drainwasser geringere Quantitäten von Ammoniak als der Regen, nach den Versuchen von Barral enthalten die Drainwasser das Zwölffache der Salpetersäure, welche im Regenwasser enthalten ist.

Die gründlichen Untersuchungen des Professors Völker[8]) ergeben ebenfalls nur Spuren von Ammoniak in den Drainwassern, auch die werthvollen Düngstoffe, Kali und Phosphorsäure, finden sich in den Drainwassern nur in verschwindend geringer Menge, dagegen finden sich die weiter verbreiteten Stoffe, als Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Chlor und lösliche Kieselsäure, namentlich aber Salpetersäure. Die stickstoffhaltigen organischen Stoffe, welche im Stalldünger enthalten sind, werden allmählich zersetzt, zunächst in Ammoniakverbindungen, welche längere Zeit im Boden bleiben und schliesslich in Salpetersäureverbindungen übergehen, jede stärkere Düngung hat daher auch einen grösseren Verlust von Nährstoffen zur Folge. und zwar ist dieser Verlust am grössten in den Herbst- und Wintermonaten, während in der Vegetationszeit die Pflanzen durch Aufsaugung der Nährstoffe dem Verlust vorbeugen.

Für die Praxis ist daraus zu entnehmen, dass Ammoniaksalze zweckmässig im Frühjahr auf das Land zu bringen sind und zwar Ende Februar oder Anfang März; der Natronsalpeter, welcher sehr rasch durch den Regen aus dem Boden fortgeführt wird, weil derselbe weder für Salpetersäure noch für Natron eine Absorptionskraft besitzt, darf nicht vor Mitte März zur Düngung verwendet werden.

Nach dem Vorstehenden lässt sich zwar annehmen, dass nährende Bestandtheile durch die Drains entführt werden, dieselben sind aber nicht sämmtlich dem aufgebrachten Dünger entnommen, sondern auch theilweise dem Oberboden, welcher durch die Drainage der Luft zugänglich geworden ist. Bei tiefer Drainage und Vorsicht in der Düngung ist der Verlust an Nährstoffen nicht für erheblich zu halten und vermindert jedenfalls nur zu einem geringen Procentsatz den Gewinn, welcher durch die Drainage erreicht wird.

Ein anderer Nachtheil der Drainage kann darin gefunden werden, dass, wie bei allen Entwässerungsanlagen, die Vertheilung des abfliessenden Wassers alterirt wird; bei starkem Regen wird das Wasser nach ausgeführter Drainage rascher abfliessen und nach eingetretener Trockniss wird der Abzug des Wassers früher auf-

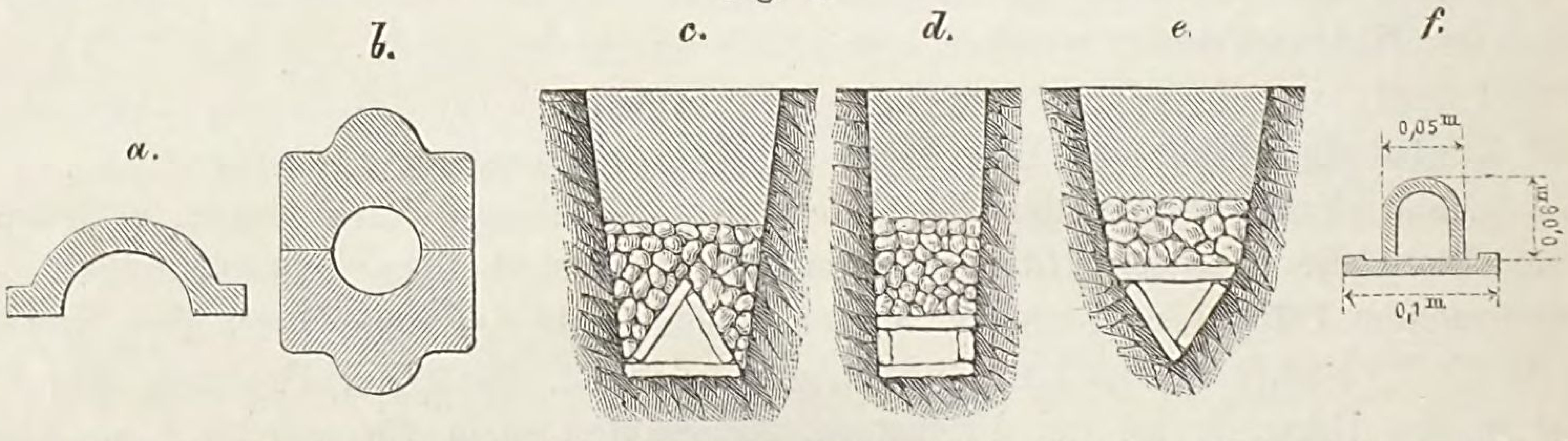
[8]) Journal of the Royal agricultural Society of England. 1874, S. 132.

hören, als solches vor Ausführung der Drainage geschah. Es wird sich daher, wie bei der Ausführung ausgedehnter Entwässerungsanlagen mit offenen Gräben, das Hochwasser der Recipienten erhöhen und das Niedrigwasser erniedrigen. So wenig man indess bei der Trockenlegung ausgedehnter Niederungen durch Gräben und Canäle auf diese für die allgemeine Wasserwirthschaft nicht günstigen Aenderungen Rücksicht nehmen kann, ebensowenig wird man dieselben bei der Ausführung der Drainage berücksichtigen können.

§ 7. Die älteren Methoden der Drainage. Die Drainröhren und die Fabrikation derselben. Die älteren Methoden der Drainage finden zwar jetzt nur ausnahmsweise noch Anwendung, es erscheint indess zweckmässig, dieselben kurz anzugeben, um den Gang der Entwicklung der Drainage darzulegen.

Die einfachste Methode der Drainage bestand in dem Ausheben eines Grabens, dem Einlegen von Faschinen oder Steinen je nach dem vorhandenen Material und Bedeckung mit der ausgehobenen Erde. Diese Anlagen liessen jedoch das Wasser nur langsam abfliessen, da dasselbe erhebliche Widerstände fand, es war zum Gelingen ein bedeutendes Gefälle erforderlich, ausserdem verstopfte die nachsinkende oder von Regenwasser in die Tiefe geführte Erde die geringen Zwischenräume und machten die Drainage bald gänzlich unwirksam. Man suchte daher einen freien Abzug an der Sohle des Grabens zu erreichen, indem man den abgehobenen Rasen mit der Narbe nach unten in den Graben so einlegte, dass ein freier Raum blieb oder man stellte auch an den Seiten kleine Absätze her, auf welchen der Rasen aufliegen konnte. Auf eine lange Dauer ist bei dieser einfachen Construction nicht zu rechnen, am Besten hat dieselbe sich bei Verwendung von Torf bewährt und ist in Lancashire vielfach zur Anwendung gekommen. Der Herzog von Richmond liess in der Nähe des Parks von Gordon Castle Torf in der nachstehenden Form, Fig. 1 *a*, stechen und scharf trocknen, nach 10 Jahren waren die Torfziegel noch wohl erhalten und die Abzüge rein. Mit einem geeigneten Spaten soll ein Mann etwa halb so viel Torfziegel wie Brenntorf stechen können. In Jrland hat man[9]) den Torf gemahlen und mit Maschinen zu Röhren gepresst, welche die doppelte Wandstärke der thönernen Röhren erhielten. Die Versuche liessen eine lange Dauer erwarten.

Fig. 1.



Bei der Drainirung von Torflagern wurde auch die Form Fig. 1 *b*. verwendet, um ein vollständiges Rohr zu bilden.

Zur Verbesserung der aus kleinen Steinen hergestellten Drains wandte man platte Steine an, welche man in der Form wie Fig. 1 *c*, *d* und *e* angiebt, zusammenstellte und mit kleinen Steinen beschüttete. Die Kosten dieser Construction sind verhältnissmässig hoch, da die flachen Steine in der Regel aus grösserer Entfernung herangebracht werden müssen. Um das nachtheilige Eindringen der Erde zwischen

[9]) Moniteur industriel. 1850, No. 150.

die Steine zu verhindern ist der Vorschlag gemacht, die Steinschüttungen mit einem Ueberzug von hydraulischem Mörtel zu versehen, die erheblichen Kosten haben eine weitere Verbreitung dieser Methode verhindert. Einen Uebergang zu dem neueren System bilden die Drains aus Hohlziegeln, Fig. 1 *f*, welche auf Sohlplatten von $0^m,35$ Länge und $0^m,017$ Dicke gelegt wurden; dies System war in England sehr verbreitet.

Die jetzt fast allgemein zur Drainage verwendeten thönernen Röhren wurden anfänglich mit Muffen hergestellt, jetzt ist es allgemein üblich die einzelnen Röhren ohne weitere Verbindung stumpf an einander zu legen[10]), da die Muffen nicht allein die Kosten erhöhen, die Legung erschweren, sondern auch vollständig überflüssig sind, da der Spielraum zwischen Rohr und Muffe mindestens eben so gross bleiben wird, wie die Fuge zwischen zwei an einander stossenden Röhren; auch die zur grösseren Dichtung in einander geschobenen Röhren finden keine Verwendung.

Die Stärke der cylindrischen Röhren muss mit zunehmender Weite grösser angenommen werden. Vincent[11]) giebt folgende Wandstärke der Röhren als angemessen an:

Lichte Weite der Röhren .	25	50	75	100^{mm}
Wandstärke	10	13	16	18^{mm} u. s. w.

Von anderen Schriftstellern z. B. Löbe[12]) wird die Wandstärke geringer angegeben, die Beschaffenheit des Materials und die Methode der Drainage — ob flach oder tief — ist in Betracht zu ziehen.

Bei der Bestimmung der Röhrendurchmesser für die ungebrannten Röhren ist auch auf das Schwinden Rücksicht zu nehmen und daher bei Weiten der gebrannten Röhren von $0^m,026$ bis $0^m,0157$ der lichten Weite der ungebrannten Röhren $0^m,003$ bis $0^m,016$ zuzusetzen.

Auf die vollständige Mischung und Reinigung der Thonmasse ist die grösste Sorgfalt zu verwenden und wird es für zweckmässig gehalten den Thon im Spätherbst zu graben und im Winter der Witterung auszusetzen. Die Reinigung geschieht dann im Frühjahr mit den Händen und Füssen oder durch Maschinen, welche Siebe mit feinen Löchern enthalten, durch welche die Thonmasse gepresst wird, bei reinem Thon kann man auch eine Thonschneidemaschine verwenden. Die vorbereitete Masse wird dann vermittelst einer Presse in die Röhrenform gebracht.

Die Drainröhrenpressen sind nach verschiedenen Systemen construirt, doch lassen sich dieselben in zwei Hauptgruppen bringen, in die Maschinen mit continuirlicher und nicht continuirlicher Bewegung.

Der Repräsentant des ersteren Systems ist die Ainslie-Maschine[13]). Die Masse geht auf einem geneigten Tuch ohne Ende zugeleitet zwischen zwei eisernen horizontalen Walzen, welche einen geringen Zwischenraum zwischen sich lassen, hindurch und wird in die Röhrenform gepresst. Die Walzen bewegen sich gegen einander und ziehen die Masse zwischen sich. Die austretenden Röhren werden auf einer horizontalen Tafel, von Walzen getragen, abgeschnitten und bei Seite gelegt.

Die Drainröhrenpresse nach dem Systeme Randell und Sounders enthält an der Stelle der Walzen eine Schraube, welche den Thon an der einen Seite aufnimmt und an der anderen Seite in die Form presst. Die Lage der Schraube ist vertikal oder horizontal.

Die Maschinen mit unterbrochener Arbeit bestehen im Wesentlichen aus einem gusseisernen Kasten, welcher mit Thon gefüllt wird, ein vermittelst einer Zahnstange getriebener Stempel drückt die Masse vorwärts und in die Form, welche das Endstück des Kastens bildet. Die Zahnstange wird

[10]) Vincent. Die Drainage, S. 118.

[11]) Vincent. Die Drainage, S. 140.

[12]) Löbe. Urbarmachungen und Verbesserungen des Landes. Hamburg 1867.

[13]) Polytechnisches Journal, Band CXX, Heft 1. und Barral, Traité du drainage.

durch eine Kurbel, Zahnrad und Getriebe in Bewegung gesetzt. — Ueber die Einzelheiten der Fabrikation giebt das Werk: Die Ziegel- und Röhrenfabrikation von Ed. Heusinger von Waldegg (dritte Auflage 1876) Aufschluss.

Gute Drainageröhren müssen folgende Eigenschaften besitzen:

Die Röhren müssen vollständig gerade sein und die cylindrische Form haben, die Innenseite muss glatt sein, Unreinigkeiten als Steinchen u. s. w., welche die Haltbarkeit verringern, dürfen nicht vorkommen. Die Endflächen der Röhren müssen gerade und glatt sein, die Länge derselben muss $0^m,23$ bis $0^m,26$ betragen. Die Röhren müssen gut gebrannt sein; Röhren, die einige Tage im Wasser gelegen haben, müssen beim Anschlagen denselben hellen Klang geben, wie vor dem Einlegen in das Wasser.

§ 8. Das Project der Drainage. Die Vorarbeiten. Die Tiefenlage, Entfernung und Gefälle. Die lichte Weite der Drains und die Lage derselben. Die Vorarbeiten für eine Drainage werden in ähnlicher Weise, wie bei grösseren Entwässerungsanlagen ausgeführt, indessen erfordert die Ausführung eine sehr specielle Klarlegung der Verhältnisse.

Ist eine Karte in grossem Maasstabe, je nach den Verhältnissen in $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{2000}$, nicht vorhanden, so ist die Aufmessung des zu drainirenden Terrains geboten, alsdann findet eine sorgfältige Untersuchung durch Aufgraben oder Bohren statt und die Ausführung eines genauen Nivellements des ganzen Complexes. Die Localverhältnisse müssen entscheiden, ob das Nivellement in einzelnen Linien, als Flächennivellement oder in Höhencurven aufzunehmen ist, das Eintragen der letzteren in die Karte und zwar je nach den Umständen in $0^m,25$ bis 1^m Höhendifferenz ergiebt ein sehr gutes Bild der Oberfläche und erleichtert die Bearbeitung des Projects in hohem Grade; im Flachlande ist indess diese Methode kaum anwendbar.

Mit der grössten Sorgfalt sind die ordinären, hohen und höchsten Wasserstände des Recipienten, welcher das Drainwasser aufnehmen muss, zu ermitteln. Sollte das Nivellement ergeben, dass die Vorfluth für etwa $1\frac{1}{2}^m$ tief unter Terrain liegende Röhren nicht zu allen Zeiten, abgesehen von ganz aussergewöhnlichen und kurze Zeit andauernden Hochfluthen, gesichert ist, so müssen die Untersuchungen sich über das Object hinaus erstrecken; es sind Ermittelungen erforderlich, ob der Recipient durch Begradigung und Vertiefung verbessert werden kann, ob eventuell die Einleitung an einer tiefer belegenen Stelle thunlich oder ob etwa durch Anlage eines Entwässerungsgrabens der Abfluss in einen günstiger gelegenen Recipienten — z. B. bei dem Vorhandensein eines Mühlenstaues in das Unterwasser der Mühle — zu erreichen steht. Bei der Ausarbeitung des Projects sind diese Verhältnisse eingehend zu erörtern.

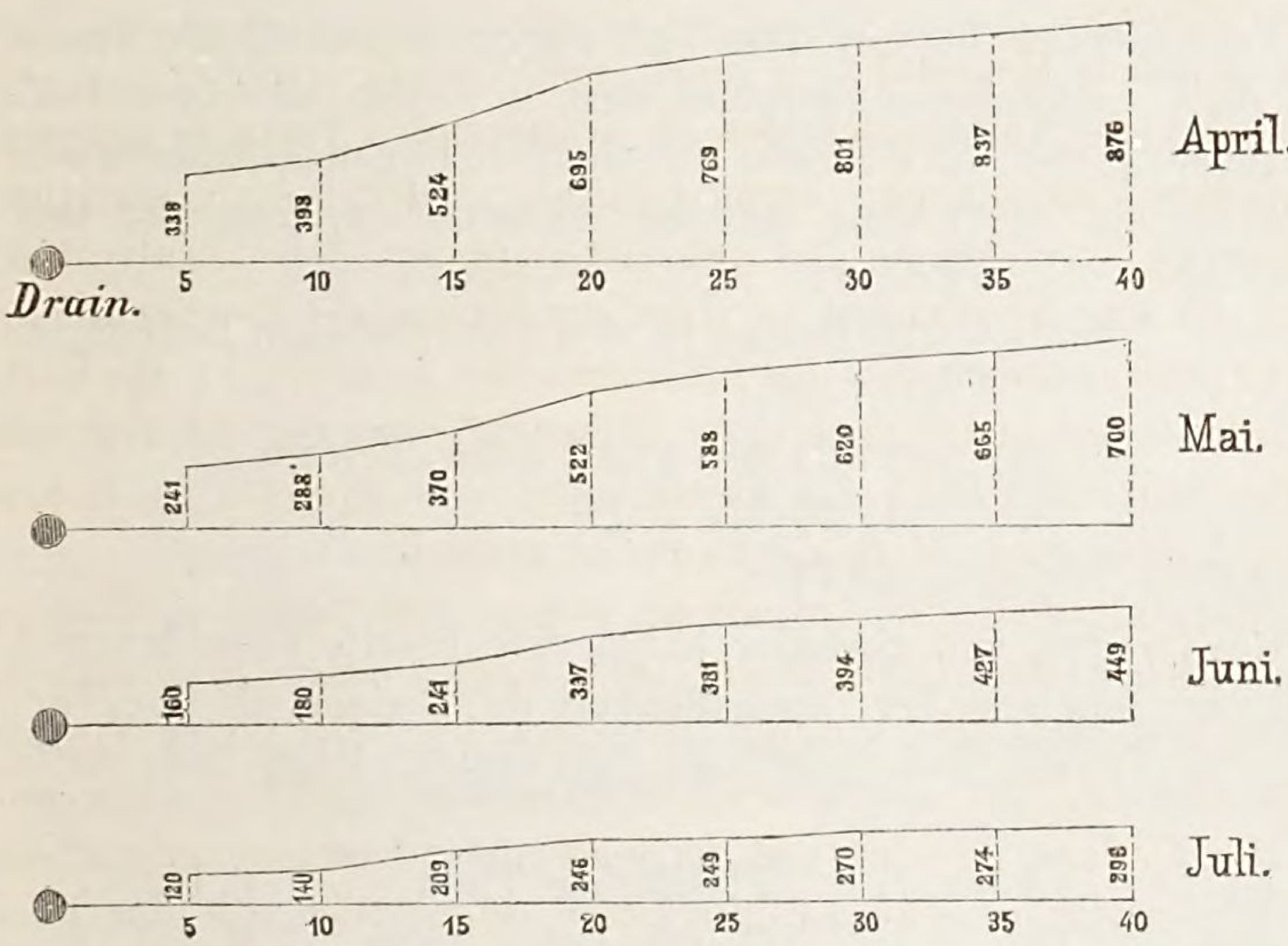
Die Tiefenlage und die Entfernung der Drains bedingen sich gegenseitig, je tiefer die Drains gelegt werden, je weiter darf man dieselben von einander legen, wenn man eine bestimmte Tiefe des Grundwassers unter dem Terrain erreichen will.

In England wurde über die Frage der flachen oder tiefen Drainage ein heftiger Kampf geführt, Smith von Deanstone hielt eine Tiefe von $0^m,9$ für genügend, während Parkes und seine Anhänger $1^m,4$ als Minimaltiefe angesehen wissen wollten. Die seither gesammelten Erfahrungen lassen eine tiefe Drainage als durchaus zweckmässig erscheinen. Die Vortheile der tiefen Drainage ergeben sich bereits aus dem Vorstehenden, der Boden wird in einer grösseren Tiefe den Pflanzenwurzeln zugänglich, das mit Dungtheilen geschwängerte Wasser setzt die Nahrungsstoffe bei der

Filtration durch eine mächtigere Erdschicht ab und werden diese Stoffe demnächst von den Wurzeln wieder aufgesogen, die Drains können in grösserer Entfernung von einander angelegt werden und sind durch die tiefe Lage gegen Frost geschützt. Die tiefere Lage der Drains sichert den Effect der Drainage, da man auch die in tiefer Lage durchstreichenden Wasseradern fasst und durch die Drains ableitet.

Bei der Bestimmung der Tiefenlage der Drains ist zu berücksichtigen, dass der Drain-Strang die tiefste Lage des Grundwassers bestimmt, dagegen muss dasselbe in der Mitte zwischen zwei Strängen erheblich höher stehen entsprechend der Druckhöhe, welche genügt, um das Wasser durch den Erdboden in die Drains zu treiben. Diese Druckhöhe muss nun verschieden sein, je nach der Beschaffenheit des Bodens und nach der Wassermenge, welche abzuleiten ist, es ist bereits im Cap. I, § 13 die Bewegung des Grundwassers im Allgemeinen behandelt, bei der Drainage handelt es sich um einen speciellen Fall, schwerer Boden und geringe Wassermassen. Specielle Versuche über diesen Gegenstand sind sehr selten und haben auch nur relativen Werth, da die Curve des Grundwassers stets von der Beschaffenheit des Bodens abhängen wird, als Beispiel dienen die nebenstehenden von Ingenieur Delacroix in der Sologne aufgenommenen Profile[14]) (s. Fig. 2). Der Boden bestand auf 1^m aus vegetabilischen Boden und Sand mit Thon vermischt, dann folgte auf 0^m,25 gelber thoniger Sand und unter denselben Thon, die Drains lagen 1^m,84 unter der Oberfläche. Die Profile ergeben auf 35^m Länge im April ein Gefälle von 0^m,538, welches im Mai sich bereits auf 0^m,459 und im Juli auf 0^m,176 ermässigte. Wie bei den auf Taf. I, Fig. 10 bis 12 dargestellten Profilen ergiebt sich auch hier ein erheblicher Abfall des Grundwassers in unmittelbarer Nähe des Recipienten, welcher auf 5^m Entfernung im April 0^m,338 und im Juli bei geringem Wasserabfluss 0^m,12 betrug.

Fig. 2.



Bei grösseren Drainage-Anlagen erscheint es dringend erforderlich das für die betreffende Bodenart erforderliche Gefälle des Grundwassers zu ermitteln; man legt in der Tiefe von $1\,{}^1/_4{}^m$ zwei parallele Röhrenstränge ein in eine Entfernung, welche je nach den localen Verhältnissen bemessen ist, in den Monaten März bis Mai beobachtet man in einer Reihe Löcher, welche etwa in der Mitte der Stränge von dem einen bis zu dem anderen in Entfernungen von 5 zu 5^m gebohrt sind, das Grundwasser an Pegeln, welche durch Nivellement verbunden sind. Man erhält dadurch das Gefälle in der nassen Jahreszeit und kann ermessen, ob bei der angenommenen

[14]) Manuel de l'ingénieur par A. Debauve, Paris 1876.

Entfernung der Grundwasserstand in der Mitte zwischen den Drains eine genügende Tiefe hat, oder ob man die Drains näher zusammenzulegen hat, um einen tieferen Stand zu erreichen. Bei diesen Feststellungen ist zu berücksichtigen, dass der Boden nach Ausführung der Drainage lockerer wird und daher dem Durchziehen des Wassers weniger Hindernisse in den Weg legt und dass der höchste Wasserstand in der Mitte zwischen zwei Drains nicht über $0^m,75$ unter die Oberfläche treten darf. Sind Drainagen in der Nähe der projectirten Anlagen auf ähnlichem Boden bereits ausgeführt, so wird es sich empfehlen die Vegetation zu untersuchen, zeigt sich in der Mitte zwischen zwei Drain-Zügen ein weniger freudiges Wachsthum, als in der Nähe der Drains, so ist bei der Tiefenlage der Drains die Entfernung zu gross angenommen.

Bei schwammigem versumpften Terrain ist zu berücksichtigen, dass nach der Trockenlegung der Boden zusammensinkt, es müssen also die Drains verhältnissmässig tiefer angelegt werden, auch ist die Kapillarkraft des Bodens zu berücksichtigen, da einzelne Bodenarten das Wasser in erheblicher Höhe über den Grundwasserstand aufsteigen lassen.

Es geht aus dem Vorstehenden hervor, dass sich allgemein zutreffende Regeln für die Tiefe der Drains nicht geben lassen, sondern dass in jedem einzelnen Falle nur die genaueste Untersuchung der Verhältnisse zu einer richtigen Lösung dieser wichtigen Frage führen kann; als Regel kann man nur aussprechen, dass die tiefe Drainage der flachen Drainage vorzuziehen ist.

Leclerc hält folgende Tiefenlage der Drains in den verschiedenen Bodenarten für erforderlich:

Sandboden	$1^m,21$ bis $1^m,46$	unter Terrain
Thonboden	$1^m,26$ bis $1^m,56$	„ „
Torf und schwammiger Boden	$1^m,71$	„ „

Die Entfernung der Drains von einander hängt, wie bereits oben bemerkt, von der Tiefenlage der Drains und von der Beschaffenheit des Bodens ab. Leclerc nimmt bei einer Tiefe von $1^m,21$ die Zwischenräume bei verschiedenen Bodenarten folgendermaassen an:

Reiner, grobkörniger Sand . .	16 bis 18^m	Plastischer Thon .	6 bis 7^m
Eisenhaltiger, grobkörniger Sand	13 „ 15^m	Gewöhnlicher Thon .	9 „ 11^m
Erdartiger, feinkörniger Sand .	10 „ 12^m	Sandiger Thon . .	11 „ 14^m
Thoniger Sand	12 „ 14^m	Torfhaltige Erde .	11 „ 14^m.

Vincent giebt die Entfernung grösser an, indem derselbe das zwölffache der Tiefe der Drains nimmt bei gewöhnlichem schweren Boden und das vier und zwanzigfache bei leichterem Boden, also bei $1^m,25$ Tiefe der Drains unter Terrain 15^m bei schwerem und 30^m bei leichtem Boden. Eine Abweichung soll nur da erforderlich sein, wo das Grundwasser das Hinabgehen bis auf die wasserführende Schicht verhindert, in sehr strengen Thonboden und in Bodenarten, die vermöge der Kapillarität das Wasser hoch aufsaugen.

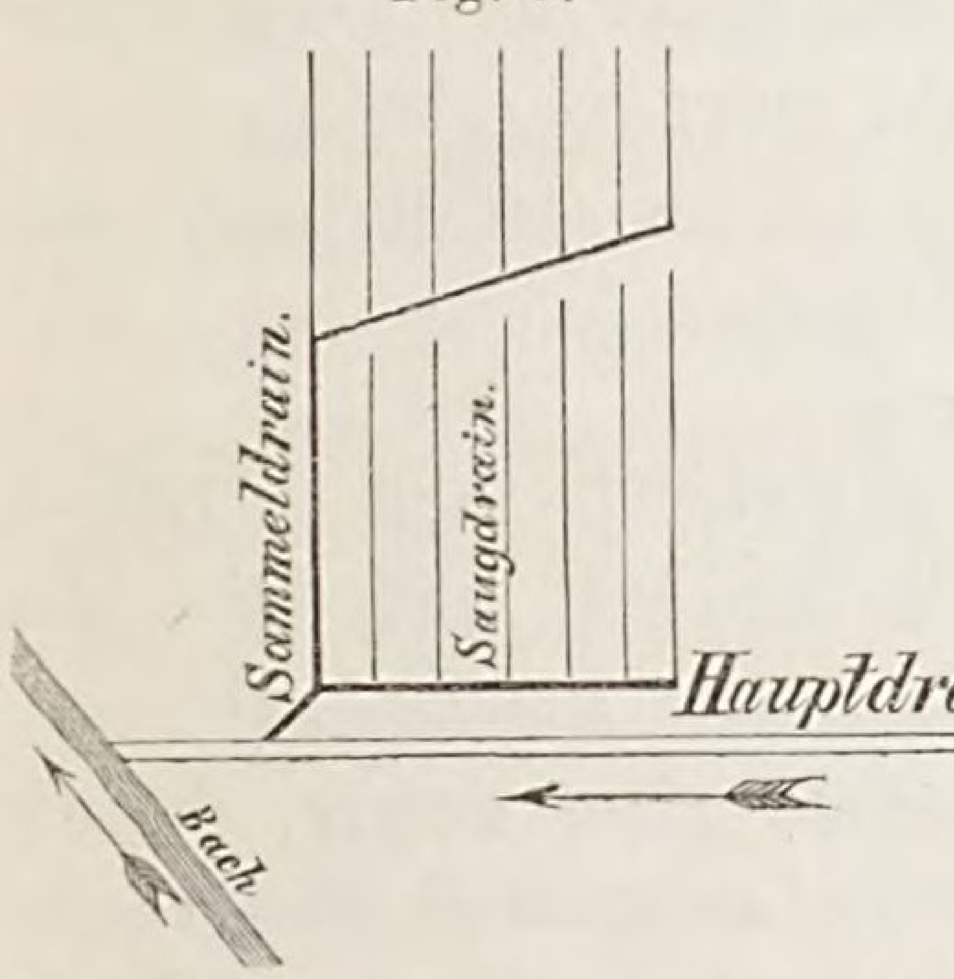
Bei den ausgedehnten Drainagen im Herzogthum Braunschweig schliesst man sich sehr nahe an die Angaben von Leclerc an, in der Provinz Hannover nimmt man ebenfalls geringere Entfernungen, welche von 7 bis 14^m je nach den Bodenverhältnissen und Tiefenlage der Drains schwanken.[15]) Die dort gebräuchliche Tiefen-

[15]) Journal für Landwirthschaft. Landwirthschaftliches Centralblatt für das Königreich Hannover. Neue Folge, 3. Band, S. 429.

lage der Drains ist zum Theil ungenügend, nur $0^m,73$, und geht bis $1^m,17$. — Unter gewöhnlichen Verhältnissen d. h. bei Bodenarten, welche weder sehr leicht noch sehr schwer sind, ist je nach den Bodenverhältnissen und bei einer Tiefenlage der Drains von $1^m,25$ die Entfernung der Drains von einander zu 8 bis 16^m für angemessen zu halten.

Das System einer Drainage zerfällt in Saug- und Sammeldrains, die ersteren nehmen das Wasser unmittelbar aus dem Boden auf und werden in der Richtung des stärksten Gefälles angelegt, die letzteren dienen zur Weiterführung des aus den Saugdrains zugeleiteten Wassers und führen das Wasser entweder direct in den Recipienten oder münden in einen Hauptdrain, welcher das Wasser dem Recipienten zuführt. Die Aufgabe des Drain-Technikers ist es die einzelnen Systeme der Drains zweckmässig nach den Höhen und Bodenverhältnissen zu gruppiren und sind diejenigen Flächen, welche im Zusammenhange gleiche Höhen und Neigungsverhältnisse zeigen, thunlichst zu einem System zu vereinigen. Die Länge der Drains würde in sehr weiten Grenzen variiren können, wenn man mit der Menge des zufliessenden Wassers das Gefälle bezw. die Weite der Röhren vergrösserte, in der Praxis hat es sich aber zweckmässig erwiesen die Röhrenstränge mit begrenzter Länge und mit demselben Minimal-Durchmesser ($0^m,03$ bis $0^m,035$) anzulegen, auch das Gefälle von dem Beginne des Drains bis zum Sammeldrain, wenn irgend thunlich beizubehalten. Die nicht zu überschreitende Länge der Drains ist unter gewöhnlichen Verhältnissen zu 200 bis 300^m anzunehmen; weiter unten wird eine Tabelle über diese Längen mit Bezug auf die Entfernung der Drains von einander und auf das Gefälle mitgetheilt werden. Das einzelne System einer Drainage ergiebt der nebenstehende Holzschnitt Fig. 3; tritt das Wasser aus den angrenzenden Geländen in das Object der Drainage, so ist ein Umfang-Drain anzulegen.

Fig. 3.



Bei Bestimmung der Wassermenge, welche durch die Drains abzuführen ist, ist nicht allein die Grösse der atmosphärischen Niederschläge zu berücksichtigen, sondern auch die Bodenbeschaffenheit und die Tiefe der Drains unter dem Terrain. Je tiefer die Drainage ausgeführt ist, um so weniger nachtheilig wird eine zeitweise Anstauung des durchsickernden Regenwassers im Untergrunde. Die im Sommer vorkommenden heftigen Gewitterregen dürfen nicht vollständig in Rechnung gebracht werden, da der trockene Boden den grössten Theil des Niederschlages festhält.

Mit Ausschluss der drei Sommermonate Juni, Juli und August schwankt in Mittel-Europa der Maximal-Niederschlag in der Zeit eines Monats von $0^m,06$ bis $0^m,08$ und rechnet man, dass etwa die Hälfte dieses Niederschlages innerhalb einer Zeit von 14 Tagen durch die Drains abgeführt werden muss. Vincent nimmt an, dass die ganze Quantität in 14 Tagen durch die Drains abgeleitet werden muss, die Versuche auf dem Gute Hinxworth[16]) bestätigen die Annahme, dass die Hälfte des Niederschlags nicht genügt, bei durchlassendem Boden war das Verhältniss des Niederschlags zu dem Drainwasser im Monat Januar wie 1702 zu 1337 und im undurch-

[16]) Minutes of Proceedings of the institution of Civil Engineers, vol. XXI. $18^{61}/_{62}$.

lassenden Boden wie 1702 zu 1026. Die Messungen von Schober in Tharand ergaben bei stark thonhaltigem Boden das Verhältniss des durchschnittlichen Abflusses durch die Drains gegen den Niederschlag im ganzen Jahre zu 43:100; dabei zeigten sich aber erhebliche Verschiedenheiten z. B. im Monat März wurden bei Schneeschmelzen auf 100 Theile Niederschlag 177 Theile durch die Drains abgeführt.

Die grössere Anzahl der Fachschriftsteller nimmt einen kürzeren Zeitraum zur Ermittelung des Niederschlags an. Leclerc legt seinen Berechnungen der Röhrenweiten einen Niederschlag von $0^m,01$ in 24 Stunden zu Grunde und rechnet, dass $74\frac{1}{2}\%$ zum Abfluss gelangen, die Abführung der gesammten Wassermasse soll in 36 Stunden geschehen. Hervé Mangon legt seinen Berechnungen dieselben Annahmen zu Grunde, jedoch mit der Abweichung, dass die abzuführende Wassermenge zur Hälfte des Niederschlags berechnet wird; Debauve nimmt an, dass der Niederschlag von $0^m,01$ in 24 Stunden innerhalb dreier Tage abgeleitet werden muss.

Von grossem Nutzen für die Drainage würde die Ausführung genauer Untersuchungen über den Abfluss der Drainwasser im Vergleich zu den atmosphärischen Niederschlägen sein und zwar bei verschiedenen Bodenarten in Verbindung mit Beobachtungen über das Ansteigen bezw. Abfallen des Grundwassers während der Regenperiode.

Das Gefälle der Saugdrains ist so gross anzunehmen wie es die Verhältnisse gestatten, Wechsel im Gefälle sind thunlichst zu vermeiden; ist das Terrain vollständig eben, so legt man die Röhren am oberen Ende etwas höher und unten etwas tiefer. Wenn irgend möglich nimmt man das Gefälle nicht unter $\frac{1}{750}$ bis $\frac{1}{500}$.

Der lichte Durchmesser der Röhren lässt sich (nach dem Gefälle und nach der abzuführenden Wassermenge) berechnen nach den Formeln:

$$r\,i = 0{,}002\,v^2 \quad \text{und} \quad Q = \pi\,r^2\,v$$

in welchen r der Halbmesser der Röhre im Lichten, i das Gefälle auf 1^m Länge, Q die Consumtion in der Secunde, v die mittlere Geschwindigkeit und $0{,}002$ der Widerstandscoefficient für Röhren, welche längere Zeit als Drains gedient haben.

Die vorstehende Formel kann indess genaue Resultate nicht liefern, da die Widerstände um so geringer werden, je grösser der Röhrendurchmesser ist. Es ist daher zweckmässig, die von Möllendorf angegebene Formel durch einen Coefficienten $\frac{a}{b}$ zu rectificiren, welche je nach dem Röhrendurchmesser variabel ist.

Wenn l die Länge, h die Druckhöhe bezeichnet, so ist

$$v = 3{,}59\,\frac{a}{b}\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}$$

$$Q = 2{,}818\,d^2\,\frac{a}{b}\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}.$$

Nach Vincent ist $\frac{a}{b}$ anzunehmen:

für Drainröhren von	$0^m,03$	$0^m,05$	$0^m,10$	$0^m,15$	Durchmesser
zu	$^2/_3$	$^3/_4$	$^4/_5$	$^7/_8$.	

Wie bereits oben bemerkt, ist es nicht zweckmässig Röhren unter $0^m,03$ bis $0^m,035$ Durchmesser im Lichten zu verwenden.

Leclerc theilt in seinem Handbuch der Drainage, S. 168 folgende Tabelle mit, welche den Zusammenhang zwischen der Entfernung der Drains, der Länge und dem Gefälle ergiebt:

Entfernung der Drains von einander in Meter	Länge der Drains in Meter für ein Gefälle von				
	0m,002	0m,005	0m,010	0m,015	0m,020
7	130	225	332	416	485
8	114	197	292	364	425
9	101	175	259	324	378
10	91	158	234	292	340
11	83	143	212	265	309
12	76	132	195	243	284
13	71	122	181	226	264
14	65	112	166	208	242
15	61	105	156	194	227
16	57	99	146	183	213

Von Vincent und von John, Wäge und von Möllendorf[17]) sind ausführliche Tabellen über die Consumtion der Drains mitgetheilt.

Die Weite der Sammeldrains richtet sich nach der Wassermenge, welche die Saugdrains zuführen und nach dem disponibeln Gefälle; in der Regel genügen Durchmesser von 0m,05 am oberen und 0m,1 am unteren Ende. Da die Verbindung der Saug- und Sammeldrains am zweckmässigsten in der Weise bewirkt wird, dass man den Saugdrain über den Sammeldrain legt und Oeffnungen in beide Röhren haut, auch das Ende des Saugdrains verstopft, so muss der Sammeldrain fast um die Röhrenstärke des Saugdrains tiefer gelegt werden.

§ 9. Die Ausführung der Drainage. Die Grabenlinien werden nach dem vorliegenden Plane auf dem Felde durch Pfähle markirt, welche mit den Nummern der Drains auf dem Plane bezeichnet werden, am zweckmässigsten sind zwei Reihen Pfähle den Grabenborden entsprechend, doch kann man auch bei geübten Arbeitern mit einer Reihe sich begnügen, bei kleineren Anlagen auch mit einer Furche in der Mitte des Grabens. Die Köpfe der Pfähle sind thunlichst parallel mit der Grabensohle anzunehmen und werden entweder durch Nivellement bestimmt oder es werden nur einzelne Pfähle in dieser Weise festgelegt, die übrigen durch Anwendung von Tafeln bestimmt. Es werden alsdann die Materialien am Grabenbord entlang vertheilt.

Die Ausführung der Gräben geschieht von unten nach oben, so dass mit den Gräben für die Sammeldrains begonnen wird. Mit dem gewöhnlichen Handwerkszeug erhalten die Gräben oben eine Breite von etwa 1m, unten in der Sohle eine Breite von 0m,3. Die bedeutenden Kosten der Erdaushebung und die unsichere Lage, welche der Röhrenstrang bei der breiten Sohle erhält, haben die Anfertigung von Werkzeugen speciell für die Drainage veranlasst; ein Drainbesteck besteht aus 4 Spaten, von denen der erste, mit welchem die Arbeit begonnen, fast quadratisch, der letzte, mit welchem die Aushebung vollendet, sehr schmal und dessen Schneide nur etwa die Breite des Röhrendurchmessers hat, ausserdem gehören dazu Sohlenhacken oder Kellen fast halbkreisförmig, etwa mit 45 Grad gegen den Stiel gestellt, 0m,4 lang und dem Durchmesser der zu legenden Röhren entsprechend, zur Beseitigung des beim Graben abgebröckelten Bodens und zur Herstellung des Lagers für die Röhren; endlich noch der Legehaken, derselbe besteht aus einem 0m,26 langen runden Eisen,

[17]) Polytechnisches Journal. 138. Band. Jahrgang 1855, S. 257; auch Polytechn. Centralbl. 1856.

welches rechtwinklig gegen den Stiel gestellt und an demselben vermittelst einer Tülle befestigt wird. Ein derartiges Besteck mit einer Kelle wird in Hohenheim für 35 Mark geliefert.[18])

In Frankreich hat man Formen angewendet, um das Lager für die Röhren in die Sohle zu pressen, auch hat man einen Metall-Cylinder in dem Lager für die Röhren entlang fortbewegt, um jede Unregelmässigkeit zu beseitigen[19]), es erscheinen indess derartige Arbeiten überflüssig, wenn die Arbeiten mit der Kelle sorgfältig ausgeführt werden.

Der Drainarbeiter vermag mit dem geeigneten Handwerkszeug die obere Breite der Gräben bei den gewöhnlichen Tiefen auf $0^m,33$ bis $0^m,5$ zu beschränken. Die Versuche, Maschinen zur Herstellung der Gräben zu verwenden, haben bislang zu keinem günstigen Resultat geführt.

Das Legen der Röhren, welches in der Regel von oben beginnt, muss mit der grössten Sorgfalt geschehen und muss vor dem Zuwerfen der Gräben eine genaue Revision stattfinden. Die auf den Legehaken geschobene Röhre wird von dem auf dem Grabenland stehenden Arbeiter vorsichtig hinuntergelassen und genau vor die letzte gelegte Röhre gelegt, Krümmungen der Röhren sind nach der Seite zu legen. Ein geübter Arbeiter kann in einem Tage 300^m Röhren verlegen.

Nachdem die etwa vorhandenen grösseren Fugen durch Thon oder Lehm gedichtet sind, wird der Graben mit der ausgehobenen Erde wieder ausgefüllt; die Deckung der Röhren geschieht vorher durch krümelige Erde entweder von der ausgehobenen Erde oder aus den steilen Grabenböschungen.

§ 10. Verstopfungen der Drains. Der grössere Theil der vorkommenden Verstopfungen der Drains rührt von dem nicht sorgfältigen Legen der Röhren oder von schlechter Beschaffenheit der Röhren her. Ausserdem sind Ursachen der Verstopfung:

1. Die Wurzeln der Pflanzen, sowohl der Wasserpflanzen *(equisetum)* als auch anderer Pflanzen, als z. B. des Raps, und der Bäume. Die Fäserchen der Wurzeln dringen in die Fugen der Röhren ein und wachsen der Strömung entgegen zu einer bedeutenden Länge fort und füllen endlich den Drain vollständig aus. Ein interessantes Beispiel findet sich auf dem landwirthschaftlichen Museum in Berlin: die Wurzel einer Weide, welche 9 Monate nach Legung der Drains eine Länge von $2^m,6$ erreicht hatte und das $0^m,08$ weite Drainrohr vollständig ausfüllte.

Es ist daher nothwendig die Drains mindestens 8^m von den Bäumen entfernt zu legen oder besondere Vorkehrungen zur Sicherung zu treffen durch Anlegung von Doppelröhren oder durch Herstellung von gemauerten Canälen in der Nähe der Bäume oder durch Sicherung der Fugen durch Cementringe. Je tiefer die Drains liegen, desto besser sind sie gegen das Eindringen von Pflanzenwurzeln gesichert, zur Bedeckung der Drains ist Erde zu vermeiden, welche Pflanzenwurzeln enthalten kann. Die Anwendung von Zinkasche oder Vermischung der Füllerde mit Steinkohlentheer soll das Eindringen der Pflanzenwurzeln verhindern.

2. Mineralische Niederschläge. Es kommen hauptsächlich Niederschläge von Kalk und Eisen vor, welche dadurch gebildet werden, dass das kohlensäurehaltige Wasser, welches diese Stoffe im Boden gelöst hat, nach dem Eintritt des Wassers

[18]) Wochenblatt für Land- und Forstwirthschaft. Stuttgart 1874.

[19]) Bull. de la soc. d'encourag, Nov. 1858.

in die Drains und nach dem Entweichen der Kohlensäure in die atmosphärische Luft dieselben als kohlensaurer Kalk oder Eisenoxydhydrat fallen lässt. Es giebt nur zwei Mittel, welche angeblich diesem Uebel abhelfen, indem man die Röhren auf den geringsten Durchmesser beschränkt und indem man sie unter Wasser ausmünden lässt. Vincent hat von dem letzteren Mittel einen günstigen Erfolg nicht gehabt, dahingegen haben derartige Anlagen am Teiche von Chevrier[20]) bei stark inkrustirendem Wasser jeden Niederschlag verhindert; im Uebrigen wird auch in England der Erfolg bezweifelt.[21])

3. Thiere. Es kommt vor, dass Frösche, Ratten u. s. w. in die Röhren kriechen, in denselben sterben und die Röhren verstopfen. Durch Vergitterung der Ausfalllöcher kann man diesem Uebelstande begegnen.

b. Die Entwässerung ausgedehnter Flächen.

§ 11. Einleitung. Schon in den ältesten Zeiten erkannte man die hohe Bedeutung der Entwässerungen für den Wohlstand der Bewohner und somit für den gesammten Staatshaushalt, es ergiebt dies die Mythe, welche die Austrocknung des Tempe-Thales als eine der Arbeiten des Hercules bezeichnet, sowie die Trockenlegung von Memphis, welche von Menes ausgeführt wurde. Die Uneinigkeit der Grundbesitzer erschwerte schon im Alterthum die Ausführung der Meliorationen, so wird z. B. berichtet[22]), dass die Bewohner des Thales Thisbe in Griechenland sich nicht über die Anlage eines Canals einigen konnten und daher in der Mitte des Thales einen Damm zogen; mit jedem Jahre wechselnd wurde das Wasser an die linksseitige und rechtsseitige Thalhälfte geleitet, so dass die Grundbesitzer nur immer im zweiten Jahre mit Sicherheit auf eine Ernte rechnen konnten.

In Italien begann schon Appius Claudius 312 v. Chr. Geburt mit der Trockenlegung der pontinischen Sümpfe[23]), auch die Trockenlegung der Maremmen wurde eingeleitet. In den eroberten Provinzen wurden von den Römern ebenfalls Entwässerungsanlagen ausgeführt, namentlich in England und Spanien; in Holland hielten die Eroberer die Batayer und Friesen zu den Deichbauten an und legten dadurch den Grund zu dem grossartigen Entwässerungssystem dieses Landes. Es bestehen dort jetzt 436 Polder mit einer Gesammtfläche von 194000^{Ha}.

In Deutschland sind in den letzten Jahrhunderten verschiedene grössere Entwässerungen ausgeführt, in Ostpreussen zählte man im zwölften Jahrhundert 2037 Seen, jetzt nur noch 300, von Bedeutung sind die Meliorationen im Warthe- und Oderbruche und an der Netze, die Entwässerungen der Havel-Niederung mit dem Rhyn-Luch, die Regulirung der Aller und Ohre in den Provinzen Sachsen und Hannover und Herzogthum Braunschweig, die Entwässerung des Landes Hadeln, des Blocklandes bei Bremen, die Moorcultur in der Provinz Hannover, die Entwässerung des Donau Mooses bei Ingolstadt in Baiern, die Elb-Umfluth bei Magdeburg u. s. w.

In Oesterreich-Ungarn hat bereits die Kaiserin Maria Theresia die Alibunarischen Sümpfe bei Versecz zwischen Temesvar und Bazias durch Anlage des Maria-Theresia-Canals entwässert, auch unter Kaiser Joseph sind Entwässerungsanlagen aus-

20) Nouv. ann. de la constr. März 1857.
21) Journal of agriculture; 1867, S. 226.
22) Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens par Jaubert de Passa. Paris 1847.
23) Description hydrographique et historique des marais Pontins par de Prony. Paris 1822.

geführt, in neuerer Zeit ist die Theisregulirung begonnen, aber noch nicht vollendet, auch die Regulirung der Traun ist in der Ausführung begriffen, andere im Landesculturinteresse dringende Regulirungen, z. B. der Etsch, sind auch in dem Stadium der Vorbereitung.

Die Niederungen auf der belgisch-französischen Grenze in der Nähe von Dunkirchen sind durch Anlage von ausgedehnten Canalnetzen urbar gemacht, auch an der Küste des mittelländischen Meeres haben die Franzosen bedeutende Entwässerungsanlagen zur Ausführung gebracht, welche zum Theil durch Colmation unterstützt werden.

§ 12. Nachtheile der mangelhaften Entwässerung und unzeitiger Ueberschwemmung und Schutzmittel. Im Allgemeinen kann hier auf die Bemerkungen Bezug genommen werden, welche bereits bei Gelegenheit der Drainage mitgetheilt sind. Es ist nur hervorzuheben, dass bei ausgedehnten Flächen mit hohem Grundwasserstande oder mit einem Wasserstande, welcher das Terrain erreicht oder übersteigt, die Nachtheile der Erkältung des Bodens in hohem Grade eintreten und dass durch die Verdunstung der Wassermassen auf den inundirten Flächen und nach Trockenlegung derselben Miasmen erzeugt werden, welche für Menschen und Thiere gleich schädlich sind.

Die Winterüberschwemmungen in den Fluss- und Bachthälern wird der Landwirth in der Regel gern sehen, wenn nicht etwa das Wasser der Vegetation schädliche Beimengungen enthält, wie z. B. bei der aus dem Bergwerksdistrikte des Harzes kommenden und zahlreiche Pochwerke treibenden Innerste, welche namentlich Arsenik führt. Die Sommerüberschwemmungen sind stets von grossem Nachtheil, die Gewässer treten in das hohe Gras und können selbst nach der Erniedrigung des Wassers im Flusse nicht wieder zum Abfluss gelangen, es tritt Fäulniss ein, Miasmen und Pilzbildung entwickeln sich und das Gras, wenn es nicht vollständig verloren, wird zum Verfüttern ungeeignet. Nach den Versuchen von v. Lengerke[24]) wird durch Ueberschwemmungen die Brut des Leberegels (*Distoma hepaticum*) aus den Sümpfen und Gewässern herausgeschwemmt, haftet beim Durchfliessen des Wassers an den Grashalmen, gelangt mit denselben in den Magen der Thiere und erzeugt die sog. Egelkrankheit.

Durch die fortschreitende Cultur wird das Wasser den Recipienten rascher zugeleitet und wird der Schutz gegen Sommerhochwasser immer dringender von den Grundbesitzern gewünscht. Die wirksamsten Schutzmittel sind[25]):

1. Beförderung der Bewaldung, namentlich in den oberen Theilen der Flussgebiete,
2. Beseitigung der vorhandenen Abflusshindernisse als: zu enge oder zu niedrig belegene Brücken, Schleusen, Wehre u. s. w.,
3. Ausführung von Durchstichen in sehr starken Flusskrümmungen,
4. Vollständige Flusscorrection oder Anlage eines Parallelcanals,
5. Vorrichtung einer genügenden Binnenentwässerung,
6. Regelung der Unterhaltung der Flüsse, Bäche und künstlicher Wasserzüge durch regelmässige Schauungen und Erlass flusspolizeilicher Vorschriften über die Handhabung der vorhandenen Stauwerke.

[24]) Ueberschwemmungen und deren nachtheilige Folgen für den Viehzüchter. Hildesheim, 1871.

[25]) Protokoll der Sitzung des Central-Ausschusses der Königl. Landwirthschaft-Gesellschaft zu Celle. Protokoll vom 17. Nov. 1871 und Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover. 1872, S. 14.

§ 13. Das Entwässerungsproject. Die Vorarbeiten sind im Allgemeinen bereits in § 1 und § 8 dieses Capitels erörtert, es muss hier nur darauf hingewiesen werden, dass mit Sorgfalt die Ursachen der Versumpfung der Grundstücke zu ermitteln sind, so wie die Dauer der hohen Wasserstände und die Art der Grundstücke, welche von denselben betroffen werden. Die Stauverhältnisse an den im Objecte oder unterhalb desselben belegenen Mühlen sind genau zu untersuchen und die rechtlichen Verhältnisse betreffend die Stauziele und Stauzeiten zu ermitteln. Bei der Projectirung des Hauptentwässerungszuges hat man von dem Wasserspiegel des Recipienten auszugehen, alsdann die Tiefenlage des Wasserspiegels im Entwässerungsobject zu bestimmen (bei Wiesen während des Graswuchses $0^m,3$ bis $0^m,5$, bei Ackerland $0^m,6$ bis $1^m,0$ unter Terrain, bei kurz andauernden Anschwellungen $0^m,2$ bis $0^m,3$ höher) und erhält dadurch das disponibele Gefälle. Die Sohlentiefe ist bei vorwiegender Wiesenfläche dadurch zu bestimmen, dass der Sommerwasserspiegel nicht zu stark gesenkt wird, eine Rücksicht, die indess bei gleichzeitiger Bewässerung wegfällt. Die Böschungen sind je nach der Tiefe des Einschnitts und der Bodenbeschaffenheit anzunehmen, bei Torfboden genügt $1/2$ malige Böschung, für festen Klai einmalige, für Sand 2 bis 3 malige Böschung. Nach diesen Daten, Gefälle, Wassertiefe, abzuführende Wassermenge und Böschung berechnet man die Sohlenbreite. Ergiebt die Berechnung für das vorhandene Material eine zu grosse Geschwindigkeit oder will man ein gleichmässiges Gefälle erzielen, um Versandungen zu vermeiden, so bricht man das Gefälle durch Kaskaden. — Die Zuleitungsgräben werden in der Weise projectirt, dass dieselben das Wasser mit dem grössten Gefälle dem Hauptzuleitungsgraben zuführen, in dieselben münden die Nebengräben.

§ 14. Entwässerung durch Ableitung des fremden Wassers. Sind ausgedehnte Niederungen unterhalb höherer Landstriche belegen, so gelangt das Wasser aus den Bächen u. s. w. mit starkem Gefälle in die Niederung, verliert hier sein Gefälle und stagnirt in Verbindung mit dem Tagewasser, welches wegen des geringen Gefälles nur mangelhaft zum Abfluss gelangt. Bei stärkerer Anschwellung der Bäche, wie z. B. im Frühjahr oder nach starkem Gewitterregen, füllt das von den Höhen zufliessende Wasser vollständig die Wasserzüge, das Wasser der Niederung findet keinen Abzug und die Trockenlegung der Grundstücke erfolgt erst in später Jahreszeit, nachdem die Oberwasser verlaufen sind.

In derartigen Fällen ist die Ableitung des sich von aussen in die Niederung ergiessenden oder sog. fremden Wassers direct in den Recipienten erforderlich, nach der Localität hat man einen oder zwei Umfangscanäle anzulegen oder bei sehr lang gestreckten Niederungen mit einem bedeichten Canal die Niederung zu durchschneiden. Die directe Messung der in die Niederung abfliessenden Wassermassen zu verschiedenen Jahreszeiten und namentlich während der hohen Frühjahrsfluthen und während heftiger Gewitterregen giebt eine sichere Grundlage für die dem Canal zu gebenden Dimensionen und Gefälle.

Derartige Meliorationen sind mit Erfolg ausgeführt im Lande Hadeln (Provinz Hannover[26]), woselbst das in das niedrige Land (Sietland) abfliessende Wasser aus dem oberhalb belegenen Höhenterrain durch einen im oberen Laufe $8^m,2$, im unteren Laufe $23^m,4$ Sohlenbreite haltenden Canal direct in die Elbe geführt wird, während

[26]) Lahmeyer. Ueber die Abwässerung des Landes Hadeln in dem Notizblatt des Architecten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover. $18^{53}/_{54}$.

die Binnenentwässerung durch einen älteren Wasserlauf (die Medem) beschafft wird. In ähnlicher Weise ist bei Neubans a. d. Oste das Zuleitungsgebiet des Balk Sees direct durch einen Canal mit der Oste in Verbindung gesetzt, während die Binnenentwässerung durch die Aue bewirkt wird.

Diese Anlagen werden stets einen vollständigen Erfolg herbeiführen, doch ist dabei die Verbesserung der Binnenentwässerung nicht ausser Acht zu lassen.

Kann das Wasser aus der Niederung nur durch künstliche Hebung beseitigt werden, so ist es von der grössten Wichtigkeit den Zutritt des fremden Wassers in die Niederung zu verhindern, so wird z. B. im Zehdener Bruche am rechten Oderufer das fremde Wasser vor dem Eintritt in das Bruch abgefangen und durch einen Randcanal in die Oder geleitet.

§ 15. Entwässerung durch Verbesserung der Flussläufe oder durch Anlage eines Parallelcanals. Die Frage, ob es zweckmässig sei den Fluss oder Bach, welcher die Entwässerung einer Gegend in nicht genügendem Maasse bewirkt, durch Ausführung von Durchstichen, Profilerweiterungen u. s. w. zu verbessern, oder einen Parallelcanal anzulegen, welcher entweder direct in einen grösseren Recipienten geführt wird oder bis zu einem Punkt des Baches oder Flusses, von welchem abwärts derselbe die gehörige Capacität besitzt, kann allgemein nicht beantwortet werden. Ein genaues Studium der Localverhältnisse ist erforderlich, welches nicht allein die Frage der Entwässerung umfassen, sondern auch die Bewässerung der Grundstücke im Flussthale in das Auge fassen muss.

Gestatten die Localverhältnisse die Vorrichtung einer Bewässerung und sind namentlich die Wassermassen sowohl zur Sommeranfeuchtung als zur düngenden Winterbewässerung genügend, so werden in der Regel die Flussdurchstiche vorzuziehen sein. Haben die Sommer- und Winterhochwasser nahezu eine gleiche Höhe, würden also die zur unschädlichen Abführung des Sommerhochwassers erforderlichen Profile u. s. w. auch häufig das befruchtende Winterwasser abführen und die befruchtenden Ueberschwemmungen auf einzelne seltene Fälle beschränken und ist die Ausführung einer ausgedehnten Bewässerungsanlage nicht thunlich, so erscheint die Anlage eines Parallelcanals erforderlich. Nur bei hohen Sommerwasserständen, welche dem Flussthale nachtheilig werden können, wird die an der Ausmündung des Parallelcanals zu erbauende Schleuse geöffnet, unter Umständen auch während ganz aussergewöhnlicher Winterwasserstände, welche den Ackerländereien nachtheilig werden können; im Uebrigen bleibt die Schleuse geschlossen, so dass den Wiesengrundstücken im Flussthale sowohl die zum Wachsthum der Gräser erforderliche Bodenfeuchtigkeit als auch im Winter die düngende Bewässerung erhalten bleibt.

Ein Beispiel derartiger Meliorationen gewährt die Correction der Oberaller und Ohre in der Provinz Sachsen, dem Herzogthum Braunschweig und der Provinz Hannover, in den erstgenannten Landestheilen ist die Melioration durch Canalisirung der Aller und Ohre erfolgt, in der Provinz Hannover durch Anlage eines Parallelcanals von 23^{Km} Länge in Verbindung mit der Correction der Aller unterhalb der Einmündung des Parallelcanals.[27]) In ähnlicher Weise ist die Unstrut regulirt; die schwarze Elster im Regierungsbezirk Merseburg ist lediglich durch Ausführung von Durchstichen corrigirt und wurde der Flusslauf von 120^{Km} Länge um 30^{Km} verkürzt[28]) u. [29]).

[27]) Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover. Band XII, S. 107.

[28]) Zeitschr. f. Bauw. 1863.

[29]) Der Binnenflussbau im Grossherzogthum Baden. 1863.

§ 16. Entwässerung durch Senkung des Wasserspiegels im Recipienten. Mündet der Fluss oder Bach, welcher die Entwässerung einer Gegend bewirkt, in einen grösseren Fluss oder Strom ein, so wird man selten Gelegenheit haben den Wasserspiegel im Recipienten zu senken, die Kosten und in der Regel die Gefällsverhältnisse werden einer derartigen Melioration entgegenstehen, wenn nicht etwa wie bei den Correctionen des Oberrheins zwischen dem Grossherzogthum Baden und dem Elsass und bei der Traun ausgedehnte Niederungen durch die Correction nutzbar gemacht werden. Anders verhält es sich, wenn die Entwässerung in einem See stattfindet, dessen Abfluss durch künstliche oder natürliche Hindernisse in unzureichendem Maasse erfolgt, wie z. B. bei den Seen am nördlichen Fusse der Alpen und bei den Seen Ost- und Westpreussens der Fall ist. Bei der Bestimmung des künftigen Wasserspiegels ist das Zusammensinken des entwässerten Seegrunds zu berücksichtigen. Auf die Ausführung der Seesenkungen kann hier nicht weiter eingegangen werden und ist auf die Mittheilungen des Kreisculturingenieurs Statzner und des Ingenieurs Legler zu verweisen[30]) u. [31]).

§ 17. Die Binnenentwässerung. Die Regulirung des Hauptentwässerungszuges einer Gegend kann nur dann von vollständiger Wirksamkeit sein, wenn auch die Haupt- und Nebengräben zweckmässig angelegt und in gutem Stande erhalten werden. Die Hauptentwässerungsgräben sind in der Richtung des grössten Gefälles anzulegen, doch vermeidet man muldenförmige Senkungen des Terrains zu durchschneiden und führt die Entwässerungsgräben derartiger partiellen Niederungen weiter abwärts in den Hauptentwässerungsgraben ein.

Die Einführung des Hauptentwässerungsgrabens geschieht entweder frei in den Fluss oder Bach, oder durch Schleusen, je nachdem die Hochwasser des Flusses u. s. w. dem Binnenlande nachtheilig werden können; ist das Ufer des Flusses oder Baches höher als das hinterliegende Terrain, ein Fall, der durch die Ablagerung der Sinkstoffe in der Nähe des Flusses häufig eintritt, so wird die Anlage langgestreckter sog. Hintergräben erforderlich, welche parallel mit dem Flusse in der Niederung entlang geführt und an einem tiefer belegenen Punkte in den Fluss einmünden. Ausnahmsweise kann es auch erforderlich werden, die Hintergräben zu bedeichen, wie z. B. bei der Linth-Correction, und die Nebengräben parallel mit denselben zu führen und an tiefer belegenen Punkten einmünden zu lassen.

Den Entwässerungsgräben giebt man in der Regel nur ein einfaches Profil mit 1 bis 2 maligen Böschungen je nach den Bodenverhältnissen und der Tiefe der Gräben und normirt die Uferhöhe der Art, dass an keiner Stelle ein Austreten des Wassers stattfinden kann. Haben die Hauptgräben zeitweise grössere Wassermassen abzuführen, oder lassen die Localverhältnisse eine thunlichste Beschränkung der Senkung des Wasserspiegels als zweckmässig erscheinen, so wendet man ein Fluthprofil an (vergl. Cap. X, S. 558, Fig. 16). Bei einer Tiefe der Sohle von über 2 bis $2^1/_2{}^m$ unter Terrain sind Bankets anzuordnen. Bei der Berechnung der Profile der Nebengräben ist zu berücksichtigen, dass dieselben selten vollständig rein sind.

§ 18. Die natürliche Entwässerung bedeichter Küstenmarschen. Die Abwässerung der bedeichten Küstenmarschen wird zeitweise durch das Ansteigen der Fluth gehindert, das Wasser wird nach dem Verschluss der Schleusenthüren aufge-

30) Cultur-Ingenieur. Bd. 1, S. 208 und 434.

31) Hydrotechnische Mittheilungen über Linth-Correction, Runsenbauten, Züricher See-Regulirung. Glarus. 1868.

staut und gelangt in der Regel nur $1\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Stunden, je nach der Höhenlage des Terrains, in jeder Tide von durchschnittlich $12\frac{1}{2}$ Stunden zum Abfluss; noch ungünstiger gestaltet sich das Verhältniss, wenn ein hohes Oberwasser mit höheren Fluthen zusammentrifft, alsdann bleiben die Thore oft mehrere Tiden hindurch vollständig geschlossen. Da das Binnenwasser bei längerem Verschluss der Schleusen zurückstaut, so werden die niedrigen Grundstücke des Verbandes zunächst von der Erhöhung des Wasserstandes betroffen, daher die Neigung der Marschbewohner die Entwässerung verschieden hoch belegener Flächen möglichst getrennt durch Siele oder Schleusen zu bewirken; ist solche nach den Localverhältnissen nicht thunlich, so versieht man die Ausmündungen der Entwässerungszüge der niedrigen Ländereien in das „Hauptfleth“ mit einfachen Stauwerken, sog. Schüttels, welche das Rücklaufen des Wassers aus dem Fleth in die Niederungen verhindern und zu diesem Zweck mit leichten Thüren versehen sind, welche sich bei sehr geringem Druck öffnen und bei rückläufiger Strömung sofort schliessen, vergl. Cap. XIII.

Der Hauptentwässerungscanal oder Graben (Binnentiefe, Binnenfleth) muss nicht allein die Breite und Tiefe haben, um die grössten Wassermassen abzuführen, sondern muss auch während des Verschlusses der Schleuse das zufliessende Wasser aufnehmen; die Höhe, um welche der Wasserspiegel des Fleths angestaut werden darf, muss nach den Localverhältnissen bemessen werden, es kommt die Fläche und Höhenlage der Grundstücke, das Gefälle, die Länge des Fleths, die durchschnittliche Dauer des Abflusses bei geöffneter Schleuse in Betracht, sowie der Umstand, ob das Fleth mit Gräben frei in Verbindung steht, oder ob die Einführung der Gräben vermittelst Sielen mit Klappen, welche sich während der Anstauung schliessen, bewirkt wird. In Betreff der Bestimmungen der Dimensionen der Siele kann auf die Erörterungen im Cap. XIII Bezug genommen werden.

§ 19. Verhältniss des Niederschlags zum Abfluss. Die Niederschläge und die Verdunstung sind bereits in Capitel I behandelt, es ist daher hier nur das Verhältniss derselben zum Abfluss zu erwähnen.

Der Regen durchfeuchtet den Boden und dringt bei durchlassenden Schichten sowie starken Niederschlägen bis auf das Grundwasser und dient zur nachhaltigen Speisung der Gewässer, bei undurchlassendem Boden gelangt das Wasser rasch zum Abfluss, namentlich in den Gebirgen, wo das starke Gefälle den Ablauf erleichtert. Die von dem oberen Boden aufgenommene Feuchtigkeit verdunstet allmählich und dient zur Nahrung der Pflanzen.

Es ist daher die Quantität des zum Abfluss gelangenden Wassers abhängig von der Höhe des Niederschlags, von der Formation des Bodens, ob eben oder hügelig und gebirgig, und von der Beschaffenheit des Oberbodens, ob undurchlassend oder durchlassend. Die Form und die Grösse der Niederschlagsgebiete hat ebenfalls einen bedeutenden Einfluss namentlich auf die Hochwasser, es ist klar, dass ein schmales langgestrecktes Flussgebiet, welches erhebliche Seitenzuflüsse nicht erhält, in der Zeiteinheit geringere Quantitäten Wasser abführt, als ein beckenartiges Gebiet, in welches von allen Seiten etwa gleich lange Seitenflüsse einmünden oder ein Fluss, welcher bedeutende Nebenflüsse aufnimmt, deren Hochwasser etwa gleichzeitig mit dem Hochwasser des Hauptflusses eintreten.

Die Saone führt bei Trevoux 0,53 und bei Lyon 0,50 des jährlichen Niederschlags ab, die Seine 0,286, die Eure 0,155. Je nachdem das Terrain sehr durchlassend oder völlig undurchlassend und je nach der Grösse schwankt der Abfluss

von 0,15 bis 0,75 des jährlichen Niederschlags.[32]) Nach Humphreys und Abbot geben die kleinen Nebenflüsse 0,90 des Niederschlags[33]), der Ohio und Mississippi 0,24, der Missouri 0,15, der Schuylkill 0,40.

Lahmeyer[34]) hat eine Zusammenstellung der Hoch- und Niedrigwassermengen im Verhältniss zum Niederschlagsgebiet mitgetheilt, danach kommen in hügeligem Terrain auf 1 □^{Km} 0,18 kb^{m}, in flachem Lande 0,1 kb^{m} bei höchstem Wasser und bei niedrigstem Wasser in ebenen Gegenden 0,0018 kb^{m} auf 1 □^{Km} in der Secunde, in sandigem Boden noch weniger.

Nach den Erfahrungen des Verfassers kann man für ebene Gegenden und kleinere Flüsse, wenn man Winterhochwasser und ganz aussergewöhnliche Sommerhochwasser ausschliesst, die abzuführende Wassermenge im Maximum zu 0,027 kb^{m} in der Secunde auf das □^{Km} annehmen. — Weitere Angaben von Franzius im Deutschen Bauhandbuch. II. Wasserbau. S. 104 u. 105.

c. Die künstliche Entwässerung der Niederungen.

§ 20. Einleitung. Die Niederungen an dem unteren Lauf der Ströme oder in der Nähe des Meeres haben häufig eine so tiefe Lage, dass durch lang andauernde Hochwasser der Flüsse oder durch die bei ungünstigen Winden stark auflaufenden Fluthen und zurückgehaltene Ebben die Entwässerung auf längere Zeit gänzlich verhindert wird, so dass eine Inundation der Binnenländereien eintritt; in einzelnen Ländern wie z. B. Holland haben ausgedehnte Flächen sogar eine so tiefe Lage, dass selbst unter günstigen Verhältnissen das Binnenwasser nicht zum Abfluss gelangen kann. — In derartigen Fällen erfordert die Cultur die Eindeichung und künstliche Hebung des Binnenwassers, welches durch das Kuver- oder Drängwasser oft in hohem Grade vermehrt wird.

Die Schöpfmaschine wird an der niedrigsten Stelle des zu entwässernden Gebiets aufgestellt und sind die Binnen-Canäle und -Gräben mit besonderer Sorgfalt anzulegen und zu unterhalten, damit der Gefällverlust im Gebiete thunlichst verringert wird; jeder Gefällverlust hat eine entsprechende Vergrösserung der Hubhöhe zur Folge und daher eine dauernde Erhöhung der Betriebskosten. Die Breite und Tiefe des Hauptzuleitungscanales muss der Art bemessen werden, dass bei dem vollen Betriebe der Schöpfmaschine eine erhebliche Senkung des Wasserspiegels vor der Maschine nicht eintritt.

Die Schöpfmaschinen heben das Binnenwasser entweder direct in den Fluss oder das Meer, an welchen die Niederung belegen ist, oder zunächst nur auf den sog. Busen d. h. eine innerhalb des Hauptdeichs liegende, von den Binnengräben durch einen Binnendeich getrennte Wasserfläche, welche bei Ebbezeit durch das Siel nach aussen entleert wird. Auf den Busen entwässern zuweilen höhere Ländereien auf natürlichem Wege; bei sehr niedrigen Ländereien muss man dagegen noch einen Vorbusen anlegen, in welchen die unteren Schöpfmaschinen das Wasser aus der unteren Niederung heben und aus welchem die oberen Maschinen das Wasser in den Hauptbusen schöpfen. Zeichnungen von Busenanlagen siehe Taf. XXXVIII, Fig. 1 u. 2.[35])

[32]) Lagrené. Cours de navigation intérieure.

[33]) The Journal of the Franklin Institute. März 1876.

[34]) Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1859, S. 229.

[35]) Die Zeichnungen stellen die Busen und die Situation der Wasserschöpfwerke des Zuidplas-Polders dar, dessen Trockenlegung hauptsächlich durch Windmühlen unter Zuhülfenahme einzelner Dampfmaschinen

Die Grösse der Busen ist von grosser Bedeutung, doch wird dieselbe in der Regel durch die Localverhältnisse in gewisse Grenzen eingeschlossen; die Ausdehnung des Busens sollte der Art sein, dass während des Schlusses der Schleusen die Schöpfmaschinen ununterbrochen arbeiten können und während der Ebben das geschöpfte Wasser vollständig abgeführt werden kann. Zur Sicherung derjenigen Ländereien, welche auf natürlichem Wege auf den Busen entwässern, ist der höchste zulässige Wasserstand (holländisch Mahlpeil) festzustellen, wenn diese Höhe erreicht ist, dürfen die Schöpfmaschinen nicht mehr arbeiten; diese Beschränkung der Entwässerung ist häufig mit bedeutendem Nachtheil für die Niederungen verbunden. Wird der Busen durch grössere Wasserflächen gebildet, so ist bei jener Feststellung auch auf das Aufwehen des Wassers durch die herrschenden Winde Rücksicht zu nehmen.

§ 21. Bestimmung der zu hebenden Wassermengen. Die Bestimmung der zu hebenden Wassermenge ist mit Schwierigkeiten verknüpft, da man nicht allein das Regenwasser, sondern auch das Kuverwasser zu beseitigen hat. Wird die Niederung als Grünland benutzt, so empfiehlt es sich die Wassermasse zu ermitteln, welche bei den höchsten Wasserständen im Anfang des Monats März in der Niederung sich ansammelt, es kann dies entweder durch directe Messungen geschehen oder durch Ausführung eines Netznivellements und Eintragung des höchsten Wasserstandes; zu dieser ermittelten Wassermasse ist dann noch der Niederschlag für die Monate März und April hinzuzufügen, um das in derselben Zeit zu hebende Quantum Wasser festzustellen. Die Verdunstung würde in Absatz zu bringen sein, dagegen die Menge des Kuverwassers während der Schöpfzeit in den Monaten März und April hinzuzufügen. Das Kuverwasser wird namentlich von Bedeutung sein, wenn das Aussenwasser längere Zeit das Terrain überfluthet und unmittelbar an den Deichen steht, es ist auch zu berücksichtigen, dass das Durchkuveren sich vermehrt, sobald der Wasserstand im Binnenlande künstlich erniedrigt wird. Bei hohen Aussenwasserständen und trockener Witterung lassen sich directe Messungen über das Ansteigen des Wassers im Binnenlande durch den Zufluss des Kuverwassers anstellen und danach die Quantität berechnen.

Von den holländischen Ingenieuren wird vielfach angenommen, dass in dem ersten Jahre nach der Trockenlegung die abzuführende Wassermenge wegen der grösseren Durchlässigkeit des Bodens doppelt so gross ist als in der Folgezeit und allmählich abnimmt bis im siebenten Jahre das Normalmaass erreicht wird. Diese Annahme ist nicht unter allen Verhältnissen richtig und hat sich namentlich bei der Entwässerung des Bremer Blocklandes nicht bewährt, es hat sich bei dieser Anlage überall keine Abnahme der Wassermenge gezeigt und musste im Jahre 1867, drei Jahre nach vollendeter Anlage, eine Wassermenge von 100 Millionen kb^m gehoben werden, welche zu $^1/_3$ aus Niederschlags-, zu $^2/_3$ aus Kuverwasser gebildet ward. Bei der Bearbeitung des Projects war die Quantität des Kuverwassers auf 10,5 Millionen kb^m geschätzt. Das Zuwässerungsgebiet des Bremer Blocklands beträgt 9800 ^{Ha}, die gesammte in den Monaten März und April auszuhebende Wassermenge wurde zu

beschafft worden ist Dieselbe wurde im Jahre 1840 vollendet. Der Zuidplas-Polder ist bei einer Lage des Terrains von etwa 5^m unter A. P. einer der am tiefsten liegenden Polder in den Niederlanden. Näheres über die betreffenden Arbeiten und über andere „droogmakerijen“ s. Storm Buysing, Waterbouwkunde II. Th., S. 862.

durchschnittlich rund 40 Millionen kb^m und im Maximum zu 69 Millionen kb^m berechnet, es wurden aber effectiv gehoben:

	1865	1866	1867	1868	1869
Millionen kb^m	22,8	33,7	100	49,0	56,2,
Niederschlag in Meter .	—	—	0,69	0,615	0,564.

Durchschnittlich dauerte jede Betriebsperiode 183 ½ Tag und wurden in der Secunde 5,4 kb^m gehoben. In den Jahren 1867 bis 1871 wurden durchschnittlich jährlich gehoben 59,5 Millionen kb^m.

In der Rampitz-Aurither Niederung an der Oder wurde bei einem Flächengehalt von 3900^{Ha} die auszuhebende Wassermenge zu 0,9 kb^m in der Secunde ermittelt. Für die künstlich zu entwässernde Niederung bei Ferrara, welche eine Ausdehnung von 9 Quadratmeilen hat, wurde die zu fördernde Wassermenge auf 33 ⅓ kb^m in der Secunde berechnet, für den 560^{Ha} haltenden Zuilichen Polder in Holland zu 0,458 kb^m in der Secunde.

Bei Gelegenheit der Ausschöpfung des Haarlemer Meeres hat man die Beobachtung gemacht, dass von dem Beginn bis zur vollendeten Ausschöpfung durchschnittlich die Erhöhung des Wasserspiegels durch Kuverwasser 0^m,025 betrug, welche nach vollendeter Trockenlegung sich noch erheblich höher stellen wird.[36]) Werden die Grundstücke in der Niederung als Ackerländereien benutzt, so muss die Maschine den Wasserstand beständig niedrig erhalten, also längere Zeit in Thätigkeit sein, doch kommen auch von dieser allgemeinen Regel vielfach Ausnahmen vor, so z. B. werden die räumlich beschränkten Polder in der Weichsel-Niederung im Frühjahr in durchschnittlich 14 Tagen von Wasser befreit und ist dann höchst selten eine Wasserhebung im Sommer erforderlich.

§ 22. Die Betriebskraft. Die im Anfang des vierzehnten Jahrhunderts wahrscheinlich von den Italienern erfundenen Windmühlen (siehe namentlich Storm Buysing) wurden zuerst in Holland zur Wasserförderung benutzt, in dem Jahr 1408, nach Anderen 1450, sollen die ersten durch Wind betriebenen Wasserschöpfmühlen bei Schoonhoven und Enkhuizen erbaut sein. Sehr umfassende Versuche zur Ermittelung der Leistung der Windmühlen wurden in dem Polder von Bleyswyk in den Jahren 1818 bis 1824 angestellt[37]), es ergiebt sich aus denselben, dass der Effect einer Wind-Wassermühle zu 54,7 kb^m auf 1^m hoch in der Minute zu rechnen ist; da die Versuche mit verschiedenen Schöpfmaschinen (stehende und geneigte Schöpfräder, Wasserschraube) und mit verschiedenen Mühlen und Geschwindigkeiten angestellt sind, so ergaben dieselben allerdings kein genaues Resultat, bei der grossen Anzahl der Versuche (945) lieferten dieselben indess eine in der Praxis brauchbare Durchschnittszahl. Die Länge der Flügel variirte von 22 bis 28^m. Woltmann[38]) giebt in der Voraussetzung einer Betriebszeit von 228 Tagen die geförderte Wassermenge zu 0,577 kb^m in der Secunde 1^m hoch an, eine Angabe, die in Berücksichtigung der Ruhezeit von 137 Tagen fast genau mit den Versuchen im Polder zu Bleyswyk übereinstimmt. Reinhold giebt bei einer Betriebszeit von 200 bis 230 Tagen die durchschnittliche Förderung zu 0,679 kb^m 1^m hoch an und rechnet, je nachdem der Boden sehr wasser-

[36]) Storm Buysing. Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde.

[37]) Verhandeling over de Strombemaling van Polders en Droogmakerijen door Simons en Greve. Rotterdam 1844.

[38]) Woltmann. Beiträge zur hydraulischen Architectur. 4. Band.

haltig oder trocken eine grössere Mühle auf 350 bis 500^{Ha}, während Storm Buysing bei $1^m,25$ bis $1^m,3$ eine Mühle zur Trockenhaltung von 500^{Ha} genügend hält. Simons und Greve haben mit grosser Sorgfalt eine Zusammenstellung der entwässerten Polder und der zur Trockenhaltung erforderlichen Mühlen in Holland gemacht, scheidet man die kleinen Polder, welche stets eine Mühle erhalten müssen aus und berücksichtigt nur die Polder über 400^{Ha}, so ergiebt sich, dass bei Entwässerung auf freien Busen 650 bis 700^{Ha}, bei Entwässerung auf geschlossenen Busen 550 bis 600^{Ha} auf eine grosse Mühle zu rechnen sind.

Die kleineren Mühlen von 12 bis 20^m Ruthenlänge, wie solche in den deutschen Marschgegenden vielfach Verwendung gefunden haben und zum Theil noch finden, entwickeln eine Leistung von etwa 6 Pferdekräften und können je nach der Menge des Kuverwassers 60 bis 200^{Ha} trocken halten.

Die Kosten der grossen Windmühlen in Holland werden zu 40 bis 50 000 Mark angegeben, in Ostfriesland baut man die grossen Mühlen zu etwa 15 000 Mark, die kleinen Mühlen kosten 2000 bis 5000 Mark und die in West-Friesland verwendeten, sehr kleinen Mühlen baut man für 600 Mark.

Die Unsicherheit in dem Betriebe der Entwässerung durch die Kraft des Windes, welche namentlich im Frühjahre in der Weise hervortrat, dass die Ländereien nicht rechtzeitig bestellt werden konnten, führte Smeaton und Jesseps zu Vorschlägen die sichere Kraft des Dampfes zu substituiren. In Holland wurde schon im Jahre 1792 eine Dampfmaschine in dem Meydrechtschen Polder errichtet, später aber wegen des bedeutenden Consums an Steinkohlen wieder niedergerissen, auch die Dampfmaschine im Krimpenerwaard wurde 1813 ausser Thätigkeit gesetzt.

In England wurde 1825 das Deeping Fen $10\,100^{Ha}$ gross in der Nähe von Spalding durch zwei Dampfmaschinen von 80 und bezw. 60 Pferdekraft entwässert, in Holland wurden 1826 drei Dampfmaschinen am Arkel'schen Damm aufgestellt von je 30 Pferdekraft. Der Consum an Kohlen betrug auf die Pferdekraft und Stunde $10,4^k$.

Die Ausführung grösserer Entwässerungsanlagen und die Verbesserungen in der Construction der Dampfmaschinen führte zu grösserer Ausbreitung der Verwendung der Dampfkraft, selbst bei kleineren Entwässerungsanlagen wie in den Weichsel-Niederungen ersetzte die Dampfkraft die Windkraft vollständig.

Auf die Construction der zum Wasserschöpfen zu verwendenden Dampfmaschinen kann hier nicht weiter eingegangen werden, es mag nur bemerkt werden, dass bei kleinen Anlagen die liegende Maschine wegen der einfachen Construction und der geringen Kosten den Vorzug verdient, während bei grossen Anlagen die verticale Stellung der Cylinder und der Pumpen wegen der Verminderung der Reibung und Abnutzung zweckmässiger erscheint. Die Woolf'schen Dampfmaschinen mit zwei Cylindern sind zum Betriebe der Schöpfmaschinen zu empfehlen.

Für die Berechnung der Betriebskosten ist die Ermittelung der Quantität Kohlen, welche in der Stunde und auf eine effective Pferdekraft erforderlich ist, von Wichtigkeit. Die nachfolgende Tabelle ergiebt eine Zusammenstellung des Kohlenverbrauchs der in neuerer Zeit ausgeführten Entwässerungsmaschinen.

Es ist nach der nachstehenden Tabelle genügend, den Kohlenverbrauch bei Anlagen mittlerer Grösse zu $2^k,6$ und bei sehr grossen Anlagen zu $1^k,5$ für die Stunde und effective Pferdekraft anzunehmen.

No.	Bezeichnung der Maschinen.	Jahr der Erbauung.	Verbrauch an Kohlen in einer Stunde auf eine effective Pferdekraft in Kilogr.
1	Zwei Wasserschöpfmaschinen für die Nissum Fjord Gesellschaft in Jütland, jede 72 Pferdekraft, gekuppelt, Condensationsmaschine mit Expansion, der Cylinder $0^m,533$ Durchmesser, Centrifugalpumpe .	—	1,36
2	Wasserschöpfmaschine zur Trockenlegung des Zehdener Bruches an der Oder; stehende Woolf'sche Maschine mit Expansion und Condensation, bei $^1/_3$ Füllung 60 Pferdekraft, bei $^3/_4$ Füllung 90 Pferdekraft mit Kreiselpumpe, Hubhöhe $2^m,3$ bis $3^m,8$	1869	1,7 bis 2,0
3	Dampfmaschine zur Entwässerung der Gemarkungen Oppenheim u. s. w. von 50 Pferdekraft, Hubhöhe 2^m, rotirende Maschine mit Kreisel .	1856	2,0
4	Dampfmaschine zur Entwässerung des Bremer Blocklandes, zwei horizontal liegende Cylinder, doppeltwirkend mit Expansion und Condensation, Durchmesser des Cylinders $0^m,79$ mit Fijnje'schen Kastenpumpen, Hubhöhe $0^m,95$	1865	2,6
5	Dampfmaschine im Zouteveenschen Polder in Holland, horizontale Maschine mit einem Cylinder mit Condensation und Expansion, Wurfrad mit gekrümmten Schaufeln, Hubhöhe $2^m,28$; 39 Pferdekraft .	1868	2,49
6	Die untere Schöpfmaschine im Polder zu Berkel in Holland, Hubhöhe 3^m, horizontale Maschine mit einem Cylinder, Condensation und Expansion mit eisernem Wurfrade; 39 effective Pferdekraft .	1865	2,51
7	Schöpfmaschine im alten Polder zu Pynacker, Hubhöhe 2^m, Construction der Maschine wie No. 6 mit eisernem Wurfrade; 21 effective Pferdekraft .	1862	2,6
8	Schöpfmaschine im Polder zu Stolwyk (Holland), grösste Hubhöhe $1^m,9$, Maschine wie No. 6 mit eisernem Wurfrade, 32 effective Pferdekraft .	1866	2,7
9	Die obere Schöpfmaschine im Polder zu Nootdorp (Holland); Hubhöhe $1^m,7$, Maschine wie No. 6 mit Schnecke, 26 effective Pferdekraft .	1864	2,77
10	Kleine feste vertikale Dampfmaschinen von 2 bis 4 Pferdekräften zur Wasserhebung in Frankreich ausgeführt, ohne Condensation und direct wirkend, mit Pumpen, im Mittel nach einer Reihe von Versuchen .	—	4,86
11	Maschine im Zuilichen Polder in Holland, direct wirkend, mit Centrifugalpumpe mit Condensation und Expansion, 20 Pferdekraft . .	1872	2,5
12	Maschinen zur Trockenlegung des Stadil Fjord, zwei horizontale Hochdruck-Dampfmaschinen mit Condensation, je 100 Pferdekraft, Hubhöhe $1^m,8$.	1872	1,5
13	Pumpmaschine zur Trockenlegung des Haarlemer Meeres	1840	1,5
14	Dampfmaschine des Lammefjord Pumpwerks auf Seeland, 5 zwei cylindrische horizontale Maschinen mit Condensation von je 90 Pferdekraft, Kohlenverbrauch für die indicirte Pferdekraft	1875	1,1

Die zu hebende Wassermenge muss, wie oben bereits erörtert, nach dem Niederschlage und nach der Menge des Kuverwassers berechnet werden, in der Regel nimmt man an, dass die Maschine in der Zeit von 30 Tagen das Regen- und Kuverwasser abführen soll, welches in dieser Zeit fällt bezw. eindringt.

In Holland rechnet man zur Trockenhaltung von 100^{Ha} $1^1/_4$ Pferdekraft als erforderlich, unter günstigen Verhältnissen auf 1000^{Ha} 9,4 Pferdekraft; bei kleinen Anlagen und unter gewissen Verhältnissen ist die Anzahl der Pferdekräfte erheblich

höher anzunehmen, so z. B. rechnet man in der Weichsel-Niederung, woselbst es darauf ankommt, im Frühjahr die werthvollen Ackerländereien rasch trocken zu legen und woselbst die Polder nur von geringer Ausdehnung sind, auf die Trockenhaltung von 5^{Ha} eine Pferdekraft.

Die Kosten derartiger Anlagen werden nach den Localverhältnissen verschieden sein, als Beispiele mögen folgende Angaben dienen:

Zwei Dampfmaschinen im Bommeler Waard mit Fijnje'schen Kastenpumpen zu je 100 Pferdekraft incl. Gebäuden u. s. w.	488 400 M.
Entwässerungsmaschine für das Bremer Blockland von 250 Pferdekraft mit Kastenpumpen incl. Gebäude, Sielanlage u. s. w.	750 000 „
Entwässerungsmaschine für die Rampitz-Aurither Niederung, 87 Pferdekraft einschliesslich Gebäude u. s. w.	73 500 „
Entwässerungsmaschine für die Gemarkungen Oppenheim u. s. w. im Grossherzogthum Hessen 50 Pferdekraft	80 000 „

Die maschinellen Einrichtungen der Entwässerungsanlagen in der Weichsel-Niederung kosten bei 6 bis 12 pferdiger Maschine 600 M. für die Pferdekraft, bei grösseren Anlagen bis 20 Pferdekraft 480 bis 540 M.

Auf die Beschreibung der verschiedenen Schöpfmaschinen kann hier nicht weiter eingegangen werden und muss auf die betreffende Literatur, welche von Treuding[39]) und Rühlmann[40]) ausführlich angegeben und in dem diesem Capitel angefügten Verzeichniss noch ergänzt ist, Bezug genommen werden, sowie auf die Capitel 26 bis 28 Band IV in der Maschinenlehre von Rühlmann, in welchen die Maschinen zum Fördern des Wassers sehr eingehend behandelt sind.

Es mag noch bemerkt werden, dass in neuerer Zeit hauptsächlich eiserne Wurfräder, Centrifugalpumpen und die Wasserräder von Overmars bei Entwässerungsanlagen Verwendung gefunden haben, die Schnecken geben zwar einen guten Effect, sind aber bei wechselnden Wasserständen nicht zweckmässig zu verwenden, die Fijnje'schen Kastenpumpen sind durch die neuen Constructionen verdrängt.

Die Centrifugalpumpen erhalten die Zuführung des Wassers meistens von beiden Seiten, um den einseitigen Druck auf die Achse zu vermeiden, dieselben können vertikal oder horizontal angeordnet werden, die horizontale Lage der Achse hat den grossen Vortheil, dass alle Theile leicht zugänglich sind.

Die Pumpräder von Overmars sind mit Erfolg in Holland, Deutschland, Ungarn und Italien zur Ausführung gelangt, die Skizze eines derartigen Rades enthält Taf. XXXVII, Fig. 8.

§ 23. Beispiele grösserer Entwässerungsanlagen. 1. Die Entwässerung des Bremer Blocklandes.[41]) (Siehe Taf. XXXVII, Fig. 1 bis 3.) Das Zuwässerungsgebiet hat eine Fläche von 9800^{Ha}, die eigentliche Niederung von 4500^{Ha}, die Schöpfmaschinen sind Fijnje'sche Kastenpumpen, 4 an Zahl mit $1^m,45$ Hubhöhe.

Die Gebäude sind auf Pfahlrost gegründet und in Massivbau aufgeführt. Das Kesselhaus enthält drei Fairbairnsche Kessel von $9^m,84$ Länge und $1^m,88$ Durchmesser, die beiden Heizröhren für die innere Feuerung haben einen Durchmesser von je $0^m,699$. Die Kessel sind für einen Dampfdruck von 4 Atmosphären Ueberdruck construirt.

39) Ueber Ent- und Bewässerung der Ländereien. Hannover 1865.

40) Allgemeine Maschinenlehre. Band IV, 1875.

41) Die Entwässerung des Bremer Blocklandes von Berg, Bremen 1864 und Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover, 1865.

Die Dampfmaschine besteht aus zwei horizontal liegenden Cylindern, die Maschine ist doppeltwirkend und arbeitet mit Expansion und Condensation. Der Durchmesser der Cylinder beträgt $0^m,796$, die Länge des Kolbenhubes $1^m,447$. Die Kolbenstangen wirken auf zwei auf einer Achse befestigten Schwungräder von je 3250^k Gewicht und auf das Pumpengestänge. Die Anzahl der Umdrehungen war ursprünglich zu 10 in der Minute angenommen, man kam jedoch schon nach den ersten Versuchen auf 7 bis 9 und ist später bis auf etwa 6 herabgegangen. Die Cylinder der Pumpen sind aus Gusseisen und haben $2^m,3$ Durchmesser bei $1^m,64$ Höhe. Die Ventilklappenrahmen enthalten je 12 Ventilklappen von $0^m,868$ Länge und $0^m,121$ Höhe.

Die Kosten der Hebung von 1000 kb^m auf etwa 1^m Höhe betragen rund 1 Mark, die Kosten für Pferdekraft und Arbeitsstunde 15 Pfennig. Ueber Kohlenverbrauch, Kosten u. s. w. ist bereits oben das Erforderliche mitgetheilt. Das Maschinenwerk wurde zu dem Preise von 151 164 Mark von der Kölner Maschinen-Actien-Gesellschaft geliefert.

2. Die Entwässerung der Rampitz-Aurither Niederung an der Oder. (Siehe Taf. XXXVII, Fig. 10 bis 12). Die zu entwässernde Fläche beträgt 3900^{Ha}, von welcher indess ein Theil in der Regel auf natürlichem Wege entwässern kann.

Die Dampfmaschine ist nach dem Woolf'schen Systeme construirt, die liegenden Cylinder haben $0^m,39$ und $0^m,78$ Durchmesser, eine Hubhöhe von $0^m,94$, arbeiten mit Expansion und Condensation und entwickeln bei 4 Atmosphären Ueberdruck 87 Pferdekraft. Die Entwickelung des Dampfes geschieht in 2 Dampfkesseln mit Siederöhren von $1^m,25$ und $0^m,94$ Durchmesser bei $6^m,33$ und bezw. $6^m,1$ Länge. Die beiden Kolben der Dampfcylinder setzen eine gemeinschaftliche Welle in Bewegung, welche die Kraft in den Pumpenraum fortpflanzt und neben der Trennungswand mit einem 4^m im Durchmesser haltenden Schwungrade versehen ist. An dem Ende der Wellen befindet sich ein grosses Kegelrad, welches ein kleines Kegelrad auf der vertikal stehenden Welle der Kreiselpumpen in Bewegung setzt. Die Maschine macht bei gewöhnlichem Betriebe 35 Umdrehungen in der Minute, die Kreiselpumpen $81^1/_2$ Umdrehungen.

Der Brunnen, in welchem die Kreiselpumpe aufgestellt ist, hat eine nicht völlig cylindrische Form, an der rechten Seite ist eine nach beiden Seiten abgerundete, $0^m,55$ vorspringende Nase, durch welche eine regelmässige Bewegung des Wassers erreicht wird.

Die Kreiselpumpe hat einen Durchmesser von $2^m,2$ und kann vermittelst einer Schraubenvorrichtung leicht und sicher gehoben werden. Das Ablassrohr durch den Oderdeich hat einen Durchmesser von $1^m,25$.

Die Maschinenanlage hat der Fabrikant Schichau in Elbing geliefert, die Kosten betrugen einschliesslich der Rohrleitung 41 850 Mark. Nach dem Contract soll die Maschine etwa 1 kb^m auf $2^m,8$ in der Secunde heben.

3. Entwässerungsanlage bei Ferrara, die grösste bis jetzt bestehende Anlage mit Centrifugalpumpen (siehe Taf. XXXVII, Fig. 4 bis 6).[42]) Die zu entwässernde Fläche beträgt 500 $\square^{Km}$, die zu hebende Wassermenge 34 kb^m in der Secunde, die Hubhöhe beträgt durchschnittlich $2^m,2$, im Maximum $3^m,66$.

Die Centrifugalpumpen sind paarweise in eine Reihe geordnet, zwischen je zwei Pumpen liegt eine Woolf'sche Dampfmaschine. Die Cylinder haben einen Durchmesser von $0^m,7$ und resp. $1^m,18$, die Hubhöhe beträgt $0^m,86$. Die beiden Cylinder sind aus einem Gussstück hergestellt. Der Dampf aus den Niederdruck-Cylindern geht in je zwei Condensations-Apparate von 70 $\square^m$ Fläche. An den Enden des Maschinengebäudes sind die Kessel je 5 an jeder Seite, also 10 im Ganzen angelegt.

Die Firma J. und H. Gwynne in London hat die Maschinen geliefert.

4. Die Schöpfmaschine von Gauda an der Yssel[43]) wurde 1860 erbaut und später die Wurfräder in Overmars Pumpräder umgeändert (siehe Taf. XXXVII, Fig. 7 bis 9).

Die Dampfmaschine hat 120 Pferdekraft, der Cylinder hat $1^m,12$ Durchmesser und der Kolben $2^m,4$ Hub. Die Anordnung ergiebt die Zeichnung, es sind an jeder Seite drei Pumpräder angelegt, welche losgekuppelt werden können, die Räder sind zum Theil aus Eisen, zum Theil mit hölzernen Schaufeln hergestellt.

42) Engineering. 1876. Jan. S. 9.

43) Tijdschrift van het koninklijk Instituut van Ing. $18^{74}/_{75}$, 3. Lief.

5. Die Entwässerung des Haarlemmer Meer-Polders (s. Taf. XXXVIII, Fig. 3 bis 5), woselbst das Querprofil des Gürtelcanals, die Situation der Schöpfmaschine Leeghwater und ein Theil des Polders dargestellt sind.

Schliesslich ist noch die von dem Verfasser in Vorschlag gebrachte Entwässerung bedeichter Küstenmarschen durch die Fluth zu erwähnen.[44])

B. Die Colmation.

§ 24. Einleitung. Werden die mit Sinkstoffen stark beladenen Hochgewässer der Flüsse und Bäche oder die Gerölle und Kies führenden Wildbäche auf niedrig belegene Grundstücke geleitet, um durch die Niederschläge eine Erhöhung zu bewirken oder leitet man die Wasser, welche die fruchtbaren Niederschläge liefern, auf unfruchtbare Gelände, um eine für die Cultur brauchbare Decke zu erlangen, so nennt man das Verfahren Colmation. Die Benutzung der Hochwasser im unteren Laufe der Flussthäler zur düngenden Bewässerung führt ebenfalls eine Erhöhung durch die Niederschläge herbei, man rechnet indess diese Operation zu den Bewässerungen und werden dieselben in dem betreffenden Abschnitte weiter behandelt werden.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass die Colmation nur unter ganz bestimmten Verhältnissen Anwendung finden kann, es ist ein Fluss oder Bach erforderlich, welcher mit bedeutendem Gefälle Sand, Kies, Gerölle oder fruchtbare Sinkstoffe herbeiführt und eine Ebene, in welche dieser Fluss u. s. w. entweder unmittelbar geleitet werden kann oder nach welcher die Zuleitung vermittelst eines Canals mit starkem Gefälle möglich ist. Die erste Anwendung fand diese Melioration in Italien, in neuerer Zeit ist dieselbe mit günstigem Erfolg im südlichen Frankreich ausgeführt, die Niederungen in der Nähe des mittelländischen Meeres boten ausgezeichnete Lagerplätze für die Sinkstoffe der Flüsse.

Gelehrte, Landwirthe und Techniker haben seit Jahrhunderten auf den Verlust aufmerksam gemacht, welcher durch die Fortführung der fruchtbaren Sinkstoffe in das Meer entsteht, schon Toricelli erklärte in der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts die Sinkstoffe der Flüsse für kostbarer als Goldsand. In neuerer Zeit haben in Verbindung mit den Consumtionsmessungen der Flüsse chemische Untersuchungen der abgelagerten Schlammmassen und Ermittelung des Kubikmaasses vielfach stattgefunden und lässt sich aus diesen Daten und aus der Dauer der Hochwasser annähernd berechnen wie gross die zugeleiteten Wassermassen sein müssen, um eine bestimmte Kubikmasse zur Erhöhung der Gelände herbeizuschaffen.

§ 25. Gehalt der Flüsse an Sinkstoffen und chemische Zusammensetzung der aufgelösten und suspendirten Stoffe. Im Nachstehenden wird für verschiedene Flüsse der Gehalt an Schlamm und die Analyse des Schlammes mitgetheilt und sollen des besseren Zusammenhangs wegen auch diejenigen Flüsse mit aufgenommen werden, welche wegen des geringeren Gehalts an Sinkstoffen sich mehr zur düngenden Bewässerung, als zur Colmation eignen. Der Gehalt des Wassers an Schlamm ist verschieden je nach der Höhe der Wasserstände, selbst bei gleichen Wasserständen pflegt der Gehalt bei steigendem Wasser grösser zu sein, als bei fallendem Wasser; auch die chemische Zusammensetzung des Schlammes wechselt, je nachdem das eine oder andere Thal vorwiegend die Wassermassen liefert und je nach den Umständen, unter welchen die Niederschläge den Boden treffen.

[44]) Zeitschr. des Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover. Band XVII, S. 71.

Die ausführlichsten Beobachtungen sind von dem Oberingenieur Hervé-Mangon ausgeführt und giebt die nachstehende Tabelle einen Auszug aus den Beobachtungen für die Flüsse Var, Marne und Seine.[45])

Monat.	Var-Fluss 18⁶⁴/₆₅		Die Marne 18⁶³/₆₄		Die Seine 18⁶³/₆₄	
	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 kbm. Gramm	Totalgewicht des abgeführten Schlammes. Millionen Kilogramm	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 kbm. Gramm	Totalgewicht des abgeführten Schlammes. Millionen Kilogramm	Mittleres Gewicht des Schlammes in 1 kbm. Gramm	Totalgewicht des abgeführten Schlammes. Millionen Kilogramm
September . .	740,295	57,6	—	—	—	—
October	8499,763	13086,6	—	—	—	—
November . .	545,851	764,0	69,568	23,9	46,409	28,7
December . .	270,524	188,1	152,357	46,2	48,721	25,3
Januar	52,201	4,5	61,057	15,1	18,313	8,3
Februar . . .	53,228	5,5	100,245	32,8	9,632	4,1
März	375,215	45,0	106,717	39,2	26,689	16,8
April	392,697	71,9	27,798	5,6	7,345	3,1
Mai	521,412	124,3	20,197	1,7	7,679	2,4
Juni	11157,037	2906,4	12,512	1,5	8,193	3,1
Juli	1672,908	273,2	8,487	0,6	4,830	1,3
August	2229,914	1955,5	7,466	0,4	3,530	0,6
September . .	—	—	6,643	0,5	6,071	1,1
October . . .	—	—	4,590	0,3	3,935	0,7
Total	—	17722,8	—	168,7	—	95,6

Am Flusse Var fand sich der geringste Gehalt an Schlamm am 9. Januar 1865 zu 9,15ᵍ; der grösste Gehalt am 30. Juni 1865 mit 36617,14ᵍ, im Durchschnitt 3577ᵍ auf den Kubikmeter. Der Var hat 5ᵐᵐ Gefälle auf 1ᵐ Länge und übertrifft das Hochwasser 140 mal das Niedrigwasser an Quantität. Der Schlamm enthält fast ¹/₃ Kalk. Im Jahr 1864/65 wurden nach der vorstehenden Tabelle rund 18 Millionen Tonnen = 11 Millionen Kubikmeter in das Meer geführt, ausserdem an löslichen Stoffen 792 000 Tonnen.

Das Marne-Wasser wurde bei dem Souterrain von St. Maur geschöpft, der niedrigste Gehalt an Schlamm fand sich am 6. October 1864 mit 2ᵍ auf den Kubikmeter, der grösste Gehalt am 4. December 1863 mit 515,75ᵍ; das Mittel war 74ᵍ auf den Kubikmeter. Das Totalgewicht der abgeführten festen Stoffe war im Jahre 1863/64 168 700 Tonnen = 105 500 kbᵐ. Der Schlamm ist sehr reich an fruchtbaren Stoffen, die Zusammensetzung ist sehr verschieden je nach den Bassins, welche vorzugsweise das Hochwasser liefern, so schwankt z. B. der Gehalt an Kalk von 7,42 bis 38,13 Procent; Stickstoff findet sich in grosser Menge. Die aufgelösten Stoffe beliefen sich in dem Beobachtungsjahr auf 552 500 Tonnen, also auf das Dreifache der suspendirten Stoffe. Das Seine-Wasser wurde an der Port à l'Anglais geschöpft und sind die Beobachtungen und Untersuchungen vom 1. November 1863 bis zum 31. October 1866 ausgeführt. Der mittlere Gehalt an suspendirten Stoffen betrug 39,663ᵍ auf den Kubikmeter, der geringste 1,35ᵍ am 28. Juli 1864, der grösste 2738,20ᵍ am 24. September 1866. Im Mittel wurden jährlich 207 500 Tonnen = 129 600 kbᵐ suspendirter Stoffe von der Seine fortgeführt, an aufgelösten Stoffen 1 110 700 Tonnen, also im Ganzen 1 318 200 Tonnen. Im Ganzen ist die chemische Zusammensetzung

[45]) Comptes rendus. 1869, S. 1214.

weniger veränderlich, als bei der Marne, doch schwankt der Kalkgehalt von 12,55 bis 33,45 Procent.

Boussingault legte im März der Akademie der Wissenschaften seine Analyse des Seine-Wassers, geschöpft während des höchsten Standes am 18. März 1876, vor.[46]) Die Consumtion betrug 1661 kb^m in der Secunde, es wurden in 24 Stunden 47 358^k Ammoniak und 182 222^k Salpetersäure in das Meer geführt und während der vom 16. Februar bis 10. April dauernden Hochwasser 761 659^k Ammoniak und 22 229 131^k Salpetersäure. Die Untersuchungungen des Wassers der Durance ergab das Resultat, dass die suspendirten Stoffe von 199 bis 3633^g auf den Kubikmeter schwankten und dass im Mittel 1454^g auf den Kubikmeter abgeführt wurden. Für eine Consumtion von 12 Milliarden kb^m ergiebt dies ein Gewicht von jährlich 17,7 Millionen Tonnen oder 11 Millionen kb^m.

Die chemische Untersuchung ergab auf 100 Theile Rückstand:

Kieselhaltiger Thon	40	bis	51	Th.
Thon und Eisenoxydhydrat	4,25	„	5,65	„
Kohlensaurer Kalk	36,25	„	48,13	„
Stickstoff	0,071	„	0,128	„
Kohlenstoff	0,470	„	0,658	„
Verschiedenes	5,624	„	6,955	„

Die Loire führte bei Tours auf 1 kb^m Wasser 60 bis 467^g suspendirte Stoffe. Der Schlamm, den die Loire im Jahre 1866 im Thale bei Orleans zurückliess[47]), enthielt 5^k Stickstoff und 3^k Phosphorsäure auf 1 kb^m, also einen Werth von etwa 10 Mark; bei einer Lage von 0^m,005 würde der Erdboden auf das Hectar um 480 Mark verbessert sein.

Die Ablagerungen des Nils wurden von Professor Knop untersucht[48]), die aus einem Weizenfelde des Nilthales ausgehobene Probe ergab in 100 Gewichtstheilen lufttrockener Masse:

5,70	hygroscopisches Wasser,
7,63	chemisch gebundenes Wasser,
1,17	Humus,
14,5 %	Glühverlust,
85,5 %	Feinboden
100,0 .	

Es enthielten 100 Gewichtstheile Feinboden:

1. Chloride			0,00
2. Gips			1,30
3. Kalkerde			4,00
3. Talkerde			0,28
4. Silicate	Kieselsäure	57,00	
	Sesquioxyd	35,20	94,42
	Monoxyde	2,20	
			100,00 .

Der Nilschlamm hat von allen bis jetzt geprüften Erden die höchste Absorption (135) und das grösste Quantum der aufgeschlossenen Silicatbasen (13,42). Ein

46) Annales industrielles, 26. März 1876 und 21. Mai 1876.

47) Journal d'agriculture pratique, 1870/71. 1. Th.

48) Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen. Band XVI, 1872.

Kubikmeter Nilwasser enthält $1^k,58$ suspendirte Stoffe und werden täglich 377 000 kb^m mit dem Nilwasser fortgeschwemmt.

Völkers Analysen des Nilwassers finden sich in englischen Zeitschriften[49]). Boussingault fand im Liter Nilwasser 4 Milligramm Ammoniak und eine noch grössere Quantität Salpetersäure.[50])

Der Ganges führt nach neueren Untersuchungen in der Regenzeit auf 1 kb^m Wasser 1943^g Sinkstoffe; bei einer Consumtion von 14 120 kb^m in der Secunde ergiebt sich das Gewicht der in einem Monat fortgeführten Stoffe zu 7 132 000 Tonnen. Von James Rennel wurde im Jahre 1781 das Verhältniss des Schlammes zur Wassermasse wie 1:4 angegeben, jedenfalls zu hoch, von Everest zu $\frac{1}{98,13}$.[51])

Von dem Dr. Breitenlohner ist der österreichischen geologischen Reichsanstalt eine Abhandlung über Quantität und Zusammensetzung der bei Lobositz durch die Elbe aus Böhmen entführten suspendirten und gelösten Stoffe nach Beobachtungen im Jahre 1866 vorgelegt. Legt man dabei die von Professor Harlacher berechnete Consumtion der Elbe von 4750 kb^m oder rund 5 Milliarden kb^m zu Grunde, so fand Dr. Breitenlohner, dass in 5 Milliarden kb^m Elbwasser enthalten sind:

Stoffe.	Mineralisch	Organisch	Total
	Millionen	Kilogramm	
Suspendirt	413,10	42,85	455,95
Gelöst	401,65	117,25	518,90
zusammen .	814,75	160,10	974,85

In 5 Milliarden kb^m Elbwasser sind nach der Analyse enthalten:

Körper.	Suspendirt	Gelöst	Total
	Millionen	Kilogramm	
Kalkerde	2,48	114,55	116,98
Bittererde	1,44	22,00	23,44
Kali	20,28	25,15	45,43
Natron	4,55	28,45	33,00
Chlornatrium	—	21,10	21,10
Schwefelsäure	0,23	37,85	38,08
Phosphorsäure	1,25	—	1,25
zusammen	30,23	249,10	279,28 .

Aus dieser Analyse geht hervor, dass die gelösten Stoffe eine sehr bedeutende Rolle spielen und dass daher das Auffangen dieser Stoffe, welches allerdings weniger bei der Colmation, als bei der düngenden Bewässerung geschieht, von der grössten Wichtigkeit ist. Das Hochwasser im Frühjahr 1876 führte bei Dresden täglich eine Schlammasse von 15 000 kb^m vorbei. Ein Beispiel der bedeutenden Fähigkeit des Wassers Stoffe, namentlich Kalk, aufzunehmen giebt die Pader, welche nach Bischof's Untersuchungen $\frac{1}{3959}$ des Gewichts an kohlensaurem Kalk enthält, so dass in der Secunde etwa 2^k Kalk abgeführt werden.

Die älteren Untersuchungen des Weser-Wassers bei Bremen haben das auffallende Resultat ergeben, dass je höher der Wasserstand, je geringer die Rückstände sich zeigten; von 0 bis 4^m am Pegel der Weserbrücke verminderten sich die Rück-

49) Mark Lane Express, 25. Dec. 1865.

50) Annales industrielles, 26. März 1876.

51) Gehler's Physikalisches Wörterbuch. Band VIII.

stände von $\frac{1}{1969}$ auf $\frac{1}{5120}$. Bei der Anlage der Bremer Wasserleitung wurde das Weserwasser bei $1^m,8$ am Pegel untersucht, es fand sich in 1 kb^m Wasser 32^g Lehm. Das durch Filtration geklärte Wasser enthielt in einem Liter:

Chlornatrium	$40,163^{mg}$
Schwefelsaures Natron	$9,470^{mg}$
Schwefelsauren Kalk	$61,862^{mg}$
Kohlensauren Kalk	$62,812^{mg}$
Kohlensaure Magnesia	$11,722^{mg}$
Kieselsäure	$3,500^{mg}$
Organische Substanz	$13,000^{mg}$
zusammen . .	$202,529^{mg}$.

Der Inn soll jährlich 3,1 Millionen Kubikmeter Schlamm durch die Rosenheimer Brücke abführen.

Die Niederschläge an den Flussmündungen sind sehr bedeutend, man rechnet z. B. an der Humber, dass in 3 Jahren das eingelassene Fluthwasser eine Erhöhung des Terrains um $0^m,91$ bewirkt, es kann indess hier nicht weiter auf diese Untersuchungen eingegangen werden und ist auf die Abhandlung des Bauraths Blohm „Ueber die im fliessenden Wasser suspendirt enthaltenen Sinkstoffe"[52]) zu verweisen.

§ 26. Die Projectirung der Colmation. Die Verhältnisse sind so ausserordentlich verschieden, dass es nicht möglich ist, allgemein gültige Regeln für die Bearbeitung des Projects zu geben und mögen die folgenden Andeutungen genügen.

Kann das Einlassen des trüben Wassers nicht direct aus dem Flusse in die zu erhöhenden Niederungen geschehen, muss also ein Zuführungscanal angelegt werden, so ist mit Sorgfalt das zur Disposition stehende Gefälle zu ermitteln und darnach die Geschwindigkeit, welche das Wasser im Canal annehmen wird; es ist dabei zu berücksichtigen, dass trübes Wasser ein grösseres Gefälle erfordert und ist daher je nach den Verhältnissen $n = 0,030$ oder $n = 0,035$ in den Kutter-Ganguillet'schen Formeln zu rechnen. (Siehe Cap. V, S. 263.) Nach dem Material, welches der Canal transportiren soll, Schotter, Sand, Lehm und Thontheile, ist dann zu ermessen, ob die Geschwindigkeit zur sicheren Fortführung der Sinkstoffe genügend ist, indem man auf die Abnahme der Geschwindigkeit am Boden Rücksicht nimmt; zur Controle der Berechnungen sind Geschwindigkeits-Messungen in dem Flusse anzustellen für den Transport des Schotters und Sandes beim Eintritt der Bewegung und an der Sohle des Flusses. Das Profil des Canales ist im Uebrigen nach den bekannten Regeln zu bestimmen, die Consumtion muss nach der Grösse der zu erhöhenden Flächen, nach der Dauer der Hochwasser und nach dem Gehalt des Hochwassers an Sinkstoffen bestimmt werden.

Aus dem Hauptcanal zweigen sich die Nebencanäle ab, welche das trübe Wasser den einzelnen Revieren zuführen, die Geschwindigkeit des Wassers darf sich in den kleineren Canälen resp. Gräben nicht vermindern und muss daher das Gefälle vergrössert werden, eine Ausnahme tritt ein, wenn einzelne Flächen einer erheblichen Aufhöhung nicht mehr bedürfen, sondern nur einer Ueberschlickung, so wie solche auf den mit gröberem Material erhöhten Flächen vor der Vollendung der Colmation auch eintreten muss; es genügt dann ein Gefälle, welches nur die fein vertheilten Thontheilchen nicht zur Ablagerung gelangen lässt.

[52]) Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover. 1867, S. 241.

Das zu erhöhende Object wird durch Dämme, welche je nach dem Gefälle in grösserer oder geringerer Entfernung von einander angelegt werden, in Becken mit nahezu horizontalem Wasserspiegel getheilt; das trübe Wasser fliesst durch eine Reihe von Revieren und gelangt am unteren Ende in den Fluss zurück oder in einen zur Ableitung angelegten Canal; zweckmässig ist es die Einrichtung so zu treffen, dass auch den unteren Revieren trübes Wasser direct zugeleitet werden kann.

Bei grobem Material muss das Wasser bei dem Einfluss in das Revier durch hölzerne Gerinne oder durch Dämmchen so geleitet werden, dass die Niederschläge ziemlich gleichmässig erfolgen, auch wird unter Umständen die Mündung für den Einfluss von Zeit zu Zeit verlegt werden müssen.

Der Zuleitungscanal muss wegen der bedeutenden Geschwindigkeit des Wassers mit Sorgfalt hergestellt werden, namentlich sind die Böschungen solid abzupflastern, bei geringerer Geschwindigkeit aber mindestens zu besoden. Einzelne Ueberfälle sind anzulegen, welche eine Ueberschreitung des Normalwasserspiegels verhindern.

Die Colmation wird in einer sehr einfachen Weise ausgeführt, wenn das Terrain zwischen einem bedeichten Fluss und dem hinterliegenden höheren Terrain erhöht werden soll. Das trübe Wasser wird durch Einlasschleusen direct aus dem Fluss entnommen, geht durch mehrere Reviere und fliesst aus dem Ableitungscanal in den Fluss zurück. Die Umfangsdämme erhalten eine Kronenbreite von 1^m bis $1^m,5$ und die Zwischendämme von $0^m,75$ bis 1^m, als Material kann man nur den vorhandenen Erdboden benutzen, das gute Material verwendet man vorzugsweise an den Böschungen. Die Localverhältnisse und die disponibelen Geldmittel müssen entscheiden, ob die Dämme bei der ersten Anlage auf die Höhe von $0^m,3$ bis $0^m,75$ über den höchsten bei Vollendung der Colmation stattfindenden Wasserstand zu bringen sind, oder ob man allmählich mit der fortschreitenden Colmation die Dämme erhöht. Die Ueberfälle in den Dämmen müssen allmählich erhöht werden, die Herstellung derselben ist wegen der grossen Anzahl derselben von Wichtigkeit. An der Jsère wurde von den Piemontesischen Ingenieuren die Construction Taf. XXXVII, Fig. 13 angewendet, die Pfähle hatten eine Länge von $1^m,5$ bis 3^m und einen Durchmesser von $0^m,07$ bis $0^m,1$; oberhalb jeder Pfahlreihe war eine Bohle von $0^m,3$ Höhe und $0^m,10$ Stärke angebracht, welche auf einer Unterlage von Faschinen ruhte. Die Zwischenräume wurden mit Kiesel ausgefüllt. In neuerer Zeit ist von den französischen Ingenieuren die in Taf. XXXVII, Fig. 14 dargestellte Construction mit Erfolg bis auf $0^m,4$ Höhe des überströmenden Wassers angewendet, die Pfähle haben 1 bis $1^m,5$ Länge bei $0^m,07$ bis $0^m,1$ Durchmesser und sind durch Faschinenreihen mit einander verbunden, der Fuss der Böschung ist ebenfalls durch eine Faschinenbettung gesichert, die Zwischenräume werden mit Steinen ausgefüllt. Die Böschungen, welche die Verbindung des Ueberfalls in dem Mitteldamm bilden, werden abgepflastert.

In soliderer Weise werden die Ueberfälle angelegt, welche das Wasser aus dem Zuleitungscanal in die Reviere führen, an dem Var-Flusse sind 2 bis 3 Reihen Pfähle von 3 bis 4^m Länge eingeschlagen und verholmt. Die Pfähle stehen 1 bis $1\,{}^1/_2{}^m$ über dem Kies hervor und werden die Zwischenräume mit Schichten von Bruchsteinen ausgefüllt, welche mit dem Fortschreiten der Colmation erhöht werden können.

Die Einlasschleusen, welche das Wasser aus dem Fluss in den Zuleitungscanal, direct in die Reviere oder den Vertheilungsgraben führen, sind solide zu construiren. Die Fig. 15 und 16, Taf. XXXVII, ergeben den Typus der Einlasschleusen,

welche in dem Paralleldeiche des Var-Flusses erbaut wurden.[53]) Bei der Bestimmung der Tiefenlage der Schwelle ist die durch Correction des Flusses zu erwartende Senkung des Wasserstandes zu berücksichtigen, so wie auch die Tiefe der Fundirung von der zu erwartenden Senkung der Flussohle abhängt.

Die Zurückleitung des abgeklärten Wassers in den Fluss muss so weit unterhalb geschehen, dass bei gewöhnlichen Hochwassern die Vorfluth gesichert bleibt und darf man, um diesen Zweck zu erreichen, eine Verlegung des Ableitungscanals nicht scheuen; erstreckt sich die Flusscorrection bis unterhalb des Ablasses, so ist dieser Umstand bei der Feststellung der Tiefenlage der Schwelle der Ablasschleuse in Betracht zu ziehen.

In der am Schlusse des Capitels angegebenen Literatur finden sich specielle Beschreibungen ausgeführter Colmationen im Chiana-Thale, in den Maremmen, im Isère- und Var-Thale u. s. w.

§ 27. Die Kosten und Erfolge der Colmation. Die Kosten und Erfolge der Colmation sind verschieden, je nachdem die zu überwindenden Schwierigkeiten grösser oder geringer sind; Nadault de Buffon[54]) giebt die Kosten zu durchschnittlich 400 bis 480 Mark auf das Hectar an und den durch die Melioration zu erreichenden Gewinn auf 240 bis 2400 Mark. Der grösste Vortheil liegt aber in der Umwandlung ungesunder, Fieber erzeugender Flächen in lachende, auch für intensive Cultur geeignete Fluren.

Das Val di Chiana hatte im Jahre 1840 noch eine Einwohnerzahl von 3628, im Jahre 1866 6700 Einwohner. Die meliorirte Fläche beträgt 10550$^{\mathrm{Ha}}$, der jetzige Reinertrag auf das Hectar beläuft sich auf 72 M., also der Kapitalwerth auf 2400 M.

Die Maremmen in Toscana, deren Melioration die Bewegung und Ablagerung von 120 Millionen kb$^{\mathrm{m}}$ erforderte, wurden mit einem Kostenaufwande von 8160000 M. in den jetzigen Zustand versetzt. Die Fläche beträgt 12000$^{\mathrm{Ha}}$, der durchschnittliche Ertrag beläuft sich auf das Hectar 64 M., also Kapitalwerth . . 2000 M.

Der Werth vor der Colmation	120 M.	
Die Kosten desgl.	680 „	800 „
bleibt Reingewinn auf das Hectar . .		1200 M.

oder für die ganze Fläche 14400000 M.

Die Colmation der Ebene von Crau vermittelst des Canals Craponne aus der Durance ist auf einer Fläche von 13000$^{\mathrm{Ha}}$ durchgeführt, der Mehrwerth der Grundstücke nach der Melioration beläuft sich auf 26400000 M., ausserdem sind 6000$^{\mathrm{Ha}}$ in Wiesen verwandelt, so dass die gesammte Vergrösserung des Nationalvermögens auf 40 Millionen M. zu schätzen ist.

C. Die Bewässerung der Ländereien.

§ 28. Einleitung. Das Bedürfniss der Bewässerung der Ländereien musste zuerst in den südlichen Ländern hervortreten, wo die tropische Sonne den Boden so ausdörrt, dass nur bei einer gesicherten Anfrischung auf eine Ernte zu hoffen ist. Der Nil gab wahrscheinlich das älteste Beispiel der düngenden Bewässerung. Schon

[53]) Des submersions fertilisantes par Nadault de Buffon, S. 264 und Debauve, Manuel de l'ingénieur, S. 201.

[54]) Journal d'agriculture pratique. 1869.

2 bis 3000 Jahre v. Chr. fanden sich in Mesopotamien und Egypten Techniker, welche sich mit Bewässerungsanlagen beschäftigten, zur Zeit der Pharaonen war Egypten in ausgedehntem Maasse bewässert, der See Möris wurde als Reservoir für das Nilwasser angelegt und genügte zur Bewässerung von 3000 □^{Km}; im Sabäerreiche wurde der See Mareb in ähnlicher Weise benutzt. In der Zendavesta erhält die Bewässerung als ein Gott gefälliges Werk einen religiösen Stempel.

In Indien wurden unter den Mongolen bedeutende Bewässerungsanlagen ausgeführt, im zwölften Jahrhundert soll ein König in Orissa eine Million Teiche angelegt haben, die ersten grösseren Canäle aus dem Jumna wurden von König Feroze Toghlak in der Mitte des vierzehnten Jahrhunderts ausgeführt, die Werke verfielen und erst in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts stellte Akbar dieselben wieder her und erweiterte sie, später führte Schah Jehan das Wasser bis Delhi, 1000 Polizeimänner zu Fuss und 500 zu Pferde führten die Aufsicht. Während der unaufhörlichen Kriege verfielen die Anlagen abermals und erst seit dem Jahre 1810 hat die britische Regierung die alten Anlagen nochmals hergestellt, verbessert und ergänzt.

In Ober-Italien lassen sich die Spuren der Bewässerung bis in das neunte Jahrhundert verfolgen, im Anfange des zwölften Jahrhunderts begannen die Restaurationsarbeiten in der Lombardei, in Sicilien wurde die Bewässerung durch die Mauren eingeführt, welche von der Mitte des neunten bis zur Mitte des eilften Jahrhunderts die Insel occupirt hatten. Im 13. und 14. Jahrhundert begannen die Bewässerungen in Piemont.

Die Araber verbreiteten die Kunst der Bewässerung im nördlichen Afrika, die Anlagen verfielen jedoch, als die Türken sich der Länder bemächtigten. Von Afrika brachten die Mauren diese Kunst nach Spanien und es fand sich eine grosse Anzahl Canäle, Reservoire u. s. w. als die Mauren im Jahre 1238 vertrieben wurden.

In Peru wurden unter den Incas grosse Bewässerungsanlagen ausgeführt, in Australien finden sich Spuren von Bewässerungsanlagen, welche zeigen, dass die Cultur in den ältesten Zeiten auf einer hohen Stufe gestanden hat.

In Mitteleuropa ist erst im Laufe dieses Jahrhunderts die Bewässerung in grösserer Ausdehnung in Aufnahme gekommen, in Frankreich und Belgien ist vorwiegend die Anfeuchtung des Bodens bewirkt, in Norddeutschland ist die wilde Bewässerung schon seit einer Reihe von Jahrhunderten angewendet, schon 1559 wurde an einen Herrn von der Meitze eine Bewässerungsschleuse verkauft. Die Abstauungen der kleinen Flüsse und Bäche bei Suderburg, Provinz Hannover, finden sich bereits in den dreissiger Jahren des vorigen Jahrhunderts[55]), gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurde mit der Anlage der Schwemmwiesen begonnen und 1819 wurde von Helmrich der erste Rückenbau ausgeführt.

Die Bestrebungen der Neuzeit gehen in den nördlich belegenen Ländern vorwiegend darauf hinaus die fruchtbaren Hochwasser der grösseren Flüsse zur düngenden Bewässerung nutzbar zu machen; in den südlichen Ländern sucht man durch zweckmässige Gesetze die schon vorhandenen Bewässerungsanlagen zu sichern und neue Anlagen hervorzurufen, so ist z. B. durch Decret vom 29. April 1860 in Spanien bestimmt, dass mit Ausnahme von Trinkwasser und des für Eisenbahnzwecke erforderlichen Wassers die Benutzung des Wassers zu Bewässerungszwecken allen

[55]) Land- und forstwirthschaftliche Zeitung für das Fürstenthum Lüneburg, II. S. 87 und III S. 41.

anderen Nutzungen vorangeht; die von Unternehmern angelegten Bewässerungsanlagen gehen nach einer bestimmten Reihe von Jahren in den Besitz der Grundeigenthümer über. Das unterirdische Wasser gehört dem Finder.

§ 29. Der Nutzen der Bewässerung und die Wirkung des Wassers. Die in dem vorhergehenden Paragraphen in kurzen Zügen dargelegte Geschichte der Bewässerung ergiebt bereits, dass die Erfolge derartiger Anlagen für die Landescultur von grosser Bedeutung sein müssen, andernfalls würde man nicht Jahrtausende hindurch so bedeutende Opfer für die Bewässerung gebracht haben. Dem unbefangenen Beobachter muss der Nutzen der Bewässerung für hoch belegene Flusswiesen, deren Boden nach dem ersten Schnitt vollständig austrocknet und welche kaum im Stande sind eine geringe Grummet-Ernte zu liefern, unzweifelhaft sein, sowie auch der Vortheil einer Ueberfluthung in den Flussthälern durch die hohen Erträge der im Winter und Frühjahr inundirten Flächen constatirt wird. In der Lombardei ist es sehr schwierig auf Grundstücke, welche nicht bewässerungsfähig sind, Kapitalien leihweise zu erhalten.

Die in neuerer Zeit ausgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen von Helriegel[56]), Haberlandt[57]), Marié-Davy[58]) und Anderen, welche als noch nicht abgeschlossen anzusehen sind, ergeben die bedeutende Quantität Wasser, welche durch den Vegetationsprocess consumirt wird. Von Risler wird die Consumtion der Wiesen in Deutschland zu einer Wasserschicht von 3,4 bis 7^{mm} täglich angegeben, von Marié-Davy für Frankreich der Wasserbedarf einer Ernte von 30 Hectoliter Getreide auf 1 Hectar entsprechend einer Wasserschicht von $0^m,432$. Die Verdunstung von Rasen wird zu $0^m,006$ täglich angegeben. Vergleicht man mit diesen Zahlen die in Cap. I, S. 16 angegebenen Niederschlagshöhen, so erscheinen die ermittelten Consumtionen sehr hoch und dürften die Ermittelungen von Helriegel und Haberlandt, welche geringere Wasserschichten ergeben, für Deutschland als der Wahrheit näher stehend anzusehen sein. Gleichwohl lassen diese Zahlen das Bedürfniss einer Wasserzuführung erkennen und möchte auch für die Länder Mitteleuropas die Anfeuchtung der Ackerländereien in vielen Fällen nützlich erscheinen. Interessant ist das Factum, dass ein gut gedüngter Erdboden nur $^2/_3$ der Wassermenge zur Anfeuchtung bedarf, welche ein ungedüngter Boden erfordert.[59])

Die Wirkung des Wassers im Sommer besteht vorwiegend in dem Ersatz der durch die Vegetation und durch die Verdunstung entzogenen Feuchtigkeit, es liegt daher in der Natur der Sache, dass in den südlich belegenen Ländern eine wiederholte Anfeuchtung erforderlich wird, während in den nördlich belegenen Ländern in der Regel eine Anfeuchtung nach dem ersten Schnitt genügt. Es soll das Bewässerungswasser lediglich den mangelnden Regen ersetzen. Die Bewässerung im Winter und Frühjahr, welche vorwiegend nur in den nördlich belegenen Ländern vorkommt, soll nicht allein zur Anfeuchtung dienen, sondern zur Lösung der in dem Boden enthaltenen Nährstoffe und zur Zuführung von Nahrungsstoffen, welche entweder suspendirt oder aufgelöst im Wasser enthalten von dem Oberboden und den Pflanzenwurzeln absorbirt werden. In § 25 dieses Capitels sind Beispiele des Gehalts an düngenden Bestandtheilen angeführt.

56) Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesammtgebiet der Agrikulturchemie (Berlin. 1872) S. 164.

57) Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1876, S. 63.

58) Annuaire météorologique. 1875.

59) Journal d'agriculture pratique. 1876, II. 459 und 534.

Nach den Untersuchungen von Hervé-Mangon[60]) ist der Gehalt des Wassers an Stickstoff von grosser Bedeutung, es scheint jedoch, als wenn der Boden nicht mehr als 30 Procent dem Wasser entziehen kann, die Entnahme ist in der warmen Jahreszeit kräftiger als im Winter und bei Nacht schwächer als bei Tage. Das von den Bewässerungsflächen abfliessende Wasser hat an Gehalt von Sauerstoff abgenommen, dagegen an Gehalt von Kohlensäure zugenommen, es findet daher in dem Boden ein langsamer Verbrennungsprocess während der Bewässerung statt.

§ 30. Kennzeichen eines guten Bewässerungswassers und der Boden. Das beste Wasser zur Bewässerung einer bestimmten Bodenart ist dasjenige, welches die zur Vegetation der Gräser erforderlichen Nährstoffe, welche dem Boden durch die Ernten entzogen werden, ersetzt und zwar namentlich diejenigen, welche in der betreffenden Bodenart nicht oder nicht in genügender Menge oder in schwer löslicher Verbindung enthalten sind. Die Analyse verschiedener Pflanzenaschen, welche Liebig[61]) zusammengestellt hat, ergiebt, dass bessere Wiesengräser Kali, Kalk, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlorkalium zu ihrem Wachsthum bedürfen. Die chemische Analyse ist indess zur Beurtheilung der Güte des Wassers nicht unbedingt erforderlich, der Praktiker schliesst aus der Beschaffenheit des Zuwässerungsgebiets (Ackerländereien, Wald u. s. w.) auf die Qualität des Wassers. Sind Ackerländereien vorherrschend, so ist das Wasser stets gut; ferner gewähren die Niederschläge nach den Hochwassern und die Beschaffenheit der regelmässig bei hohen Wasserständen überströmten Flächen, so wie der oberen Schichten des Bodens und die Vegetation am Ufer des Baches oder Flusses sichere Merkmale zur Beurtheilung der Güte des Wassers. Thonhaltige Gewässer wirken auf Sandboden sehr vortheilhaft; der Gehalt an Gyps wirkt sehr günstig auf Kleeproduction. Der Mangel an Sinkstoffen führt keineswegs die Unbrauchbarkeit des Wassers mit sich, Wasser, welches vollständig klar ist, dient vielfach wegen seiner aufgelösten Stoffe mit günstigem Erfolg zur Bewässerung.

Zur Bewässerung unbrauchbar ist nur das aus den Mooren abfliessende, mit Humussäure geschwängerte Wasser und das durch giftige Fabrikabgänge verdorbene Wasser. Am günstigsten für die Bewässerung ist der durchlassende Sandboden.

§ 31. Die wiederholte Benutzung des Wassers. Für die Landescultur ist es von der grössten Wichtigkeit das Bewässerungswasser wiederholt zu benutzen, nur dadurch wird eine grössere Ausdehnung der Meliorationen möglich. In den südlichen Ländern, wo die Bewässerung mit geringen Wassermassen ausgeführt wird und hauptsächlich nur zur Anfeuchtung dient, hält man die Qualität des Abfallwassers für besser, als die Qualität des frischen Wassers. Bei der düngenden Bewässerung werden die Sinkstoffe grösstentheils durch den Boden und die Gräser festgehalten, während die aufgelösten Stoffe nur zum Theil zurückgehalten werden. Die Untersuchungen des Bewässerungswassers in der Boker Heide in Westphalen[62]) ergaben, dass nach sechsmaliger Benutzung nahezu der gesammte Schlick auf den Bewässerungsflächen zurückgehalten war, während von den aufgelösten Stoffen nur 8,88 Procent zurückgehalten wurden. Die nachfolgende Zusammenstellung ergiebt den Gesammtbetrag der Sinkstoffe im Liter Wasser in Grammen bei 100 Grad Celsius getrocknet

[60]) Bulletin de la société d'encouragement, 1863 und Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous differents climats, 2. ed. 1869.

[61]) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. I. Theil, S. 342 u. f.

[62]) Dünkelberg in Cultur-Ingenieur. Bd. 3, S. 34.

in reinem Lippe-Wasser, nach der ersten Bewässerung u. s. w. so wie die Abnahme des aufgelösten Kalkes im Liter Wasser in Gramm.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Sinkstoffe .	0,1286	0,1064	0,0235	0,0094	0,0062	0,0144	0,0148
Kalk . . .	0,1076	0,0996	0,0932	0,0925	0,0924	0,0926	0,0925.

Im Lüneburg'schen werden die kleinen Heidbäche 10 bis 20 mal zur Bewässerung benutzt ohne dass ein erheblicher Nachtheil für die unteren Anlagen zu bemerken ist.

Dr. Albert Play[63]) hat Wasser, welches von Ackerländereien abfliessend zur Bewässerung von Wiesen benutzt wurde, nach Ueberlauf von 50^m Länge analysirt, es ergab sich eine Abnahme von 271 Gramm fester Stoffe auf 240 Gramm, also wurden 31 Gramm zurückgehalten; die vom Boden zurückgehaltene Masse bestand hauptsächlich aus Kieselsäure (13,20), eisenhaltigem Thon (4,20), Magnesia (3,20), organischen Stoffen (8,40).

§ 32. Mittel, um das Wasser für Bewässerungszwecke zu erlangen.

a. Wehre und Stauwerke. In der Regel wird es erforderlich zur Erlangung eines gesicherten Zuflusses nach dem Bewässerungsobject durch ein Wehr oder eine Schleuse den Bach oder Fluss, aus welchem das Wasser entnommen werden soll, unterhalb der Einlasschleuse aufzustauen, so dass der Wasserstand stets auf einer bestimmten Höhe (Stauziel) erhalten werden kann. Wird das Wasser aus Flüssen, auf welchen Flösserei oder Schiffahrt betrieben wird, entnommen, so wird der Abschluss nur bei sehr grossen Meliorationsanlagen statthaft sein, da die Kosten der Schiffahrtsschleusen und eines beweglichen Wehres sehr bedeutend sind, bei kleinen Anlagen wird man bei hoher Lage der Grundstücke die künstliche Wasserhebung anwenden müssen, bei grossen Anlagen wird man die Entnahme thunlichst aus dem freien Flusse durch Anwendung eines Zuleitungscanals von grossen Dimensionen und kleinem Gefälle erfolgen lassen, dabei aber gezwungen sein, die zu hoch belegenen Grundstücke auszuscheiden. In einzelnen Fällen lässt sich auch durch Anlage eines Separationswerks, welches das Profil des Flusses einengt, der Zufluss für den Zuleitungscanal sichern. In Betreff der Construction der Stauwerke muss im Allgemeinen auf Cap. VII, § 6 bis 15 Bezug genommen werden, es mögen hier nur einige Constructionen, welche speciell für Bewässerungen Anwendung gefunden haben, mitgetheilt werden.

1. Ein Beispiel der freien Ausmündung bietet der Naviglio Grande, welcher aus dem Ticino vermittelst eines Separationsdamms von 280^m Länge abgeleitet ist (siehe Taf. XXXVIII, Fig. 9 und 10). Der Separationsdamm, Fig. 9, hat eine Breite von 9^m,5 bis 18^m, an der Spitze von 2^m,4 und ist aus Mauerwerk, Lehm und Steinschüttungen hergestellt, an der Separationsspitze ist die Breite des Ticino auf nur 65^m beschränkt. Bei hohen Wasserständen ist es daher unvermeidlich, dass die Capacität des Canals nicht ausreicht, um die einströmenden Wassermassen fortzuführen, es sind daher 6 massive Wehre und 12 Entlastungsschleusen mit im Ganzen 185 Schützen erbaut, um das überflüssige Wasser dem Ticino wieder zuzuführen und die Stauziele einzuhalten.

2. Die Situation der Ableitung des Canals Martesana aus dem Adda Flusse ergiebt die Fig. 8, Taf. XXXVIII. Der Zufluss in dem Canal ist durch ein massives Wehr hergestellt, welches sich schräg durch den Adda Fluss zieht, an dasselbe

[63]) Journal d'agriculture pratique, 1876. I. S. 839, II. S. 74, 105.

schliesst sich das grosse Entlastungswehr von 268^m Länge und hieran ein kleiner Ueberfall und Entlastungsschleusen.

Auf Taf. XXXVIII, Fig. 11 bis 14 ist das in neuerer Zeit in der Dora Baltea erbaute massive Wehr im Durchschnitt dargestellt, dasselbe sichert die Speisung des Zuleitungscanals von der Dora Baltea nach dem Cavour-Canale und wurde nachträglich erbaut, nachdem sich herausstellte, dass die aus dem Po abzuleitende Wassermenge nicht genügte. Die aus Werkstücken hergestellte Krone des Wehrs hat eine Breite von $1^m,2$, der Abfall beträgt $1^m,5$, die Fundirung ist auf Beton ausgeführt. Die Kosten haben sich für den laufenden Meter auf 900 Mark belaufen. Die Beschreibungen der Bauwerke 1 bis 3 sind von dem Verfasser gegeben.[64])

4. Den Uebergang von den festen zu den beweglichen Wehren bilden die von den Mauren angelegten Wehre für die Bewässerungscanäle Spaniens, dieselben haben neben dem festen Wehre eine durch Schützen geschlossene Schleuse von etwa $3^m,5$ bis 4^m, welche zum Ablassen des Wassers bei Hochwasser und zum Flössen des Holzes dient. — Fig. 15, Taf. XXXVIII stellt ein Wehr im Turia Flusse bei Valencia dar[65]), welches schon von den Mauren angelegt bis jetzt Angriffe der Sohle nicht hervorgerufen hat. Die Fundirungen sollen im Mauerwerke 4 bis 5^m unter Flussohle hinabreichen und auf Pfählen ruhen.

5. Ferner sind auf Taf. XXXVIII einige im unteren Theile fest, im oberen Theile bewegliche Wehre dargestellt. Das Wehr in Massivbau und Eisen, Fig. 16 bis 18, ist in dem Acher Flusse im Grossherzogthum Baden ausgeführt. Das massive Wehr hat eine Höhe von $0^m,87$, die beweglichen Schützen $0^m,6$ Höhe. Das Wehr hat eine lichte Weite von $7^m,5$, die Schützen werden vermittelst Zahnstangen und Getrieben gehoben.

Die Fig. 20 und 21 stellen ein Wehr dar, welches der Verfasser für die Langlinger Bewässerungsanlage in dem Ocker Flusse erbaute. Die Länge beträgt $19^m,6$. Die Localverhältnisse gestatten die Anlage einer festen Brücke nicht, die $0^m,51$ hohen Staubohlen werden daher von einem Kahn aus eingesetzt. Die Kosten der Anlage haben sich auf etwa 7000 Mark belaufen.

Die Construction der gewöhnlichen Stauschleusen ist bekannt, die Schützen werden meistens aus der Hand mit Wuchtebäumen gehoben, bei stärkerem Druck oder wenn grössere Durchflussöffnungen erforderlich werden, mit mechanischen Vorrichtungen. Die Mitteldocken werden in der Regel als Losständer zum Herausnehmen eingerichtet. Für die Osterbruchs Bewässerungsgenossenschaft bei Celle erbaute der Verfasser eine Schleuse in der Aller von 32^m im Lichten, zur Erleichterung der Hebung der Schützen und Losständer wurde eine transportable Winde, welche auf einem Schienengleis fortbewegt wurde, verwendet. Die Kosten der Anlage beliefen sich auf etwa 20 000 Mark.

In der Magdeburger Elb-Umfluth wurden eiserne Buckelplatten als Schützen verwendet, die Schleuse hat $125^m,5$ im Lichten und 9 Oeffnungen zu je $12^m,5$ im Lichten. Die Schützen haben eine Höhe von $0^m,8$ und stehen drei Reihen über einander. Das Ausheben geschieht vermittelst einer Winde und einer Fangvorrichtung, deren Zangen hinter der vorspringenden Kante die Platten fassen.

In neuerer Zeit sind sehr interessante Wehrbauten in Indien ausgeführt, der Raum gestattet indess nicht auf dieselben näher einzugehen und muss auf die am Schlusse des Capitels angegebene Literatur verwiesen werden.

b. Reservoire. Die Anlage von Reservoiren zur Verminderung der Ueberschwemmungen und zur Speisung von Bewässerungsanlagen ist in neuerer Zeit mehrfach empfohlen[66]), eine allgemeine Anwendung der Reservoire wird aber nur in südlichen

[64]) Hess. Die Bewässerungsanlagen Ober-Italiens. 1874.

[65]) Aymard. Irrigations du midi de l'Espagne. 1864, S. 20.

[66]) Schlumberger in Journal d'agriculture pratique. 1870/71.

Ländern stattfinden, woselbst die Anfeuchtung eine Lebensfrage für die Landwirthschaft ist. In Indien findet sich aus den ältesten Zeiten eine grosse Anzahl von Reservoiren, in der Präsidentschaft Madras beispielsweise 53 000 Teiche und Reservoire mit 48000^{Km} Dämmen, ausserdem in Spanien aus der Zeit der Mauren; in neuerer Zeit werden auch in Algier Reservoire zur Speisung der Bewässerungscanäle angelegt.

In Betreff der Construction der Reservoire mus auf Cap. VII, § 16 Bezug genommen werden, es mögen hier nur noch einige Bemerkungen nachgetragen werden, welche sich auf Reservoire zu Bewässerungszwecken beziehen.

In Indien sind die Dämme häufig aus Erdwällen hergestellt, dieselben sind indess nur dann zu empfehlen, wenn der Boden fest und das Terrain eben ist und die Wassertiefe $1^m,2$ nicht erheblich übersteigt. Die Böschung nach der Wasserseite muss sehr flach sein und mit Rasen, Busch oder Abpflasterung gesichert werden. Die Nachtheile der Erddämme bestehen darin, dass die Reservoire nur in beschränkter Grösse ausgeführt werden können und daher die Dämme leicht zum Ueberlauf kommen können. Der Ueberlauf, sowie das Ueberschlagen der Wellen führt leicht eine Zerstörung des Dammes herbei, sowie auch der Angriff des Fusses der Abpflasterung und das Absacken derselben häufig zu Dammbrüchen führt. Ein wesentlicher Nachtheil der Erddämme liegt in der unvermeidlichen Filtration, welche hauptsächlich zwischen dem gewachsenen Boden und dem Auftrage stattfindet, der Bruch des Dammes von Longpendu (Canal du Centre) und des Dammes von Tlélat (Oran) ist auf derartige Ursachen zurückzuführen.[67]) Diese Nachtheile haben zu der Anwendung von Trockenmauerwerk oder Mörtelmauerwerk vor dem Erddamm an der Wasserseite geführt, in wichtigen Fällen auch zur Anwendung von Pfeilern an der Wasserseite um die Wellen zu brechen und die Mauer zu verstärken und der Anlage einer Mauer an der Binnenseite. Bei bedeutender Höhe ist auch eine zweite und dritte Mauer im Erdkörper parallel der Mauer an der Wasserseite ausgeführt.

In England hält man die Ausführung von Erddämmen nur dann für gerathen, wenn Bausteine nicht oder nur mit unverhältnissmässigen Kosten zu beschaffen; ist der gewachsene Felsen mit der Fundirung zu erreichen und sind Bausteine vorhanden, so wählt man den Massivbau.[68]) Die Fortschaffung der Sinkstoffe, welche sich häufig in grosser Masse vor dem Damm des Reservoirs niederlegen, ist eine schwierige Arbeit. Der Reservoirdamm für die Bewässerungen von Elche in der Nähe von Alicante[69]) (siehe Taf. XXXVIII, Fig. 19) hat eine verbesserte Einrichtung für die Oeffnung der Gallerie zur Reinigung. Das Schütz ist nicht wie bei dem bekannten Reservoire von Alicante[70]) in Falzen angebracht, so dass eine Zerstückelung nothwendig wird, sondern lehnt sich nur nach der Wasserseite gegen den vorspringenden Mauerrand, an der inneren Seite wird das Schütz durch drei Vorlegebalken gehalten. Soll die Reinigung ausgeführt werden, so werden die oberen und unteren Balken fortgenommen, der mittlere Balken durch Streben, deren Füsse in Vertiefungen der Quader eingesetzt werden, abgespreizt und dann in der Mitte durchsägt. Der Arbeiter begiebt sich dann in die auf der Zeichnung angegebene obere Gallerie und bewirkt von hier aus durch die vorhandene Oeffnung ohne Gefahr die Beseitigung der Streben.

[67]) Annales des ponts et chaussées, April 1875.

[68]) Engineer. 1875. 13. August.

[69]) Aymard. Irrigations du midi de l'Espagne. 1864, S. 195.

[70]) Cours de navigation intérieure par Lagrené. 2. Band. 1871.

Ein Schütz in der oberen Gallerie kann in die untere Gallerie hinabgelassen werden und soll anscheinend als Nothsicherung dienen.

c. Künstliche Wasserhebung. In Indien, Aegypten, China, Spanien und Assyrien wurde schon in den ältesten Zeiten das Wasser behufs Anfeuchtung der Ländereien durch Menschen oder Ochsen gehoben, auch fand die Wasserkraft Anwendung. Von Rühlmann[71]) ist eine übersichtliche und ausführliche Beschreibung der angewendeten Methoden der Wasserschöpfung gegeben. In neuerer Zeit hat man auch durch Dampfkraft das Wasser gehoben, doch haben die Anlagen nur dann Erfolg gehabt, wenn man sich auf die Anfeuchtung beschränkt hat oder wenn das sehr dungreiche Abfallwasser aus Fabriken (Zuckerfabriken u. s. w.) benutzt werden konnte. In Masny (Departement du Nord) ist die Anfeuchtung und Düngung der Felder mit dem günstigsten Erfolge ausgeführt[72]); in Gernsheim wird ebenfalls vermittelst Locomobile und Centrifugalpumpen das Wasser zur Anfeuchtung der Wiesen aus dem Winkelbach gehoben.[73]) Die Anlagen des Freiherrn von Welk bei Riesa sind bekannt. Stehende Maschinen werden selten verwendet, in der Regel Locomobilen, welche ausser der Bewässerungszeit anderweitig in der Landwirthschaft zu verwenden sind. Die Verwendung der Windkraft behufs Anfeuchtung von hoch belegenen Wiesen und Aeckern hat noch nicht die Ausdehnung erfahren, welche diesem billigen Motor zukommt, es wird durch Anwendung dieser Kraft einem einzelnen Grundbesitzer möglich, unabhängig von den Nachbarn seine Grundstücke anzufeuchten. Die Mühlen müssen eine solche Einrichtung haben, dass eine Wartung nicht erforderlich ist, dieselben müssen sich gegen den Wind stellen und bei heftigem Wind die Flächen der Flügel verringern. Der Mechaniker Durand hat sich eingehend mit der Lösung dieser Aufgabe beschäftigt und ist der von demselben erfundene Mechanismus von der Akademie der Wissenschaften günstig beurtheilt. Die Kosten eines derartigen Apparats belaufen sich nur auf 1200 Mark.[74])

Von Aubry war auf der Pariser Ausstellung d. J. 1868 eine Mühle ausgestellt, welche seitdem noch vervollkommnet ist. Die Mühle besteht aus 8 Flügeln aus Blech in schiefer Stellung für eine mittlere Windstärke passend, jeder Flügel ruht auf einem Ring, um welchen der Flügel sich drehen kann, wenn der Wind zu stark wird und einen Regulator in Bewegung setzt.[75])

Bekmann und Petersen in Wittkiel haben sich ein eisernes Windrad patentiren lassen.[76]) Weitere Nachweisungen über diesen Gegenstand, auf welchen hier nicht weiter eingegangen werden kann, finden sich in den unten angegebenen Zeitschriften[77]), es mag hier nur noch bemerkt werden, dass in neuerer Zeit die Windräder in Amerika namentlich durch Verringerung des Gewichts verbessert sind.[78])

§ 33. Der Zuleitungscanal und die Bauwerke. Der Zuleitungscanal wird in der Regel theils innerhalb des Bewässerungsobjects, theils zwischen dem

[71]) Allgemeine Maschinenlehre. 4. Band, S. 544 — 564.

[72]) Cultur-Ingenieur. 3. Band, S. 264 und Zeitschrift für die landwirthschaftlichen Vereine des Grossherzogthums Hessen. 1871, 18. April.

[73]) Zeitschrift für die landwirthschaftlichen Vereine des Grossherzogthums Hessen. 1864, S. 501.

[74]) Nadault de Buffon. Cours d'agriculture et d'hydraulique agricole. 3. Band, S. 214.

[75]) Journal d'agriculture pratique. 1869, tome second. S. 556.

[76]) Die Petersen'sche Wiesenbaumethode von Turretin. Schleswig 1869.

[77]) Dingler's Journ. Bd. 86. S. 410 u. Bd. 161, S. 161; Bulletin de la soc. d'enc. 1853, S. 695.

[78]) Die landwirthschaftlichen Geräthe und Maschinen der Weltausstellung zu Philadelphia von Perels. Wien 1877, S. 34.

Objecte und dem Flusse, welcher das Wasser liefert, anzulegen sein. Die Canallinie folgt in den Thälern dem Hange, im Hügellande und in der Ebene den Höhen des Terrains, um mit der geringsten Erhebung des Wasserspiegels über dem Terrain eine möglichst grosse Fläche zur Bewässerung zu bringen. Bedeutende Erhebungen des Wasserspiegels über Terrain auf längeren Strecken sind namentlich im durchlassenden Boden zu vermeiden, lassen sich dieselben nicht umgehen, so wird bei trübem Wasser mit der Zeit eine Dichtung eintreten, bei klarem Wasser muss die Sohle und die Böschungen mit Thonschlag plattirt oder in den Dämmen ein Thonschlag angebracht werden. Bei durchlassendem Felsboden ist Dichtung durch Beton anzuwenden. Auf die Ableitung des Kuverwassers ist stets grosse Sorgfalt zu verwenden, die diesem Zwecke dienenden sog. Schweissgräben sind nicht zu nahe an den Canal zu legen, um das Durchkuvern thunlichst zu verringern. Das Längengefälle lässt sich allgemein nicht bestimmen, es darf nicht so bedeutend angenommen werden, dass ein Angriff der Sohle und der Böschungen stattfindet, bei Sandboden wird man nicht über 1^m mittlere Geschwindigkeit gehen dürfen. Bei verschiedenen Querprofilen entspricht diese Geschwindigkeit verschiedenen Längengefällen. Bei der Bestimmung des Längengefälles ist der Vortheil, welcher bei schwachem Gefälle durch die Vergrösserung der Bewässerungsfläche entsteht, zu vergleichen mit den Kosten des grösseren Querprofils und den etwaigen Nachtheilen der grösseren Erhebung des Wasserspiegels (vergl. Cap. III, S. 99). Die Sohlentiefe des Canals ist darnach zu bestimmen, ob derselbe lediglich zur düngenden Bewässerung oder auch zur Anfeuchtung benutzt werden soll, im letzteren Falle kann es unter Umständen zweckmässig sein, in der Sohle des Canals eine Cünette für das Wasser zum Anfeuchten anzubringen und einen Theil der Einlassschleuse tiefer zu legen. Das Querprofil (vergl. Cap. III, S. 85) ist nach der Wassermenge zu berechnen, welche der Canal führen soll, unter Berücksichtigung des zweckmässigen Längengefälles; ausserhalb des Bewässerungsobjects erhält bei gleichem Längengefälle der Canal ein und dasselbe Profil, im Objecte nimmt die Sohlenbreite und Wassertiefe mit der abnehmenden Consumtion ebenfalls ab. Die Böschungen sind in der Regel zweimalig anzunehmen, die Dammkronen 1 bis $1\frac{1}{2}^m$. Bei Ausführung tieferer Einschnitte sind Bankets anzuordnen. Die Zuleitung des Wassers nach den Revieren, welche entfernt von dem Zuleitungscanal liegen, wird durch Hauptzuleitungsgräben bewirkt, welche den Charakter eines Canals annehmen, wenn eine Reihe Reviere aus diesem Zuleiter zu bewässern sind. Die wichtigen Bauwerke und solche Bauwerke, deren Reparatur mit Schwierigkeiten verknüpft ist, sind in Massivbau oder aus Eisen herzustellen, also namentlich die Einlasschleuse und die Unterleitungen, grössere Brücken in Hauptwegen u. s. w.; im Uebrigen wird es sich empfehlen, falls das Steinmaterial nicht etwa billig sein sollte, Holzbau zu verwenden, um die Kosten der ersten Anlage nicht übermässig in die Höhe zu treiben und später, nachdem die Genossenschaft durch die Meliorationen zu grösserem Wohlstand gelangt ist, bei Neubauten auf den Massivbau überzugehen.

Es kommen folgende Bauwerke vor:

a. Brücken sind hier nicht weiter zu erörtern, da besondere Eigenthümlichkeiten nicht vorkommen.

b. Einlasschleusen. In Fig. 1 und 2, Taf. XXXIX, ist eine Einlasschleuse im Ostedeiche angegeben, dieselbe dient dazu das fruchtbare Fluthwasser, welches in die Oste eintritt, in das Klinter Binnenfeld einzulassen, ein Zuleitungscanal ist nicht

vorhanden, die Schwelle liegt in Terrainhöhe und das Bewässerungsfeld ist mit einem Deich umgeben. Das Bauwerk ist in Holzconstruction ausgeführt, die Oeffnungen haben eine Lichtweite von $1^m,46$ und sind abwechselnd durch Schützen und Thore geschlossen, so dass die Ausflussöffnung doppelt so gross ist, als die Einflussöffnung. Es wird durch diese Einrichtung die Erneuerung des Wassers bei jeder Fluth erreicht.

Auf Taf. XXXIX, Fig. 3 bis 5 ist die Einlasschleuse des Cavour Canals angegeben, dieselbe ist in Massivbau in 3 Etagen aufgeführt, es sind 21 Oeffnungen zu je $1^m,5$ vorhanden, die lichte Höhe beträgt $2^m,2$. Es sind zwei Reihen Schützen angebracht, ausserdem Falze für Dammbalken. In der oberen Gallerie geschieht die Handhabung der hölzernen, mit Eisen armirten Schützen.

c. Unterleitungen dienen in der Regel zur Wiederherstellung der durch den Zuleitungscanal unterbrochenen Entwässerung. Es sind diese Bauwerke massiv, aus Steinplatten, aus Eisenblech, Cement oder Gusseisen herzustellen, stets aber der Art zu construiren, dass die Wasserfäden nicht plötzlich von ihrer Richtung abgelenkt werden. Die Röhren sind mit Trichtereinläufen zu versehen. Von grösserer Bedeutung sind die Unterleitungen, wenn die Localverhältnisse die Unterführung des Bewässerungscanals erfordern, wie z. B. bei dem Cavour Canal, welcher die von den Alpen herabkommenden Gebirgsflüsse schneidet. Tafel XXXIX, Fig. 6 bis 8 ergiebt den Längendurchschnitt, das Querprofil und einen Theil der Ansicht der Unterleitung des Cavour Canals unter dem Sesia Flusse. Der Cavour Canal führt 100 kb^m, die Sesia 4500 kb^m in der Secunde während des Hochwassers. Die Länge der Unterleitung beträgt 264^m und die Gesammtbreite $32^m,6$.

Eine in Massivbau ausgeführte Unterleitung von $0^m,8$ Weite im Lichten ist auf Taf. XXXIX, Fig. 13 bis 15 angegeben, das Bauwerk ist unter dem Zuleitungscanal aus der Dora Baltea nach dem Cavour Canal hergestellt und ist als Muster einer derartigen Anlage zu empfehlen.

In Belgien hat man die Unterleitungen vielfach in Holz mit massiven Stirnmauern ausgeführt[79]), die Leitung liegt unter der Sohle horizontal, steigt unter den Böschungen an und wird aus zwei Rahmen gebildet, gegen welche Bohlen genagelt sind, der Zwischenraum wird mit Thon ausgestampft. Die Oberfläche der äusseren Rahmen liegt $0^m,5$ unter Canalsohle. Taf. XXXIX, Fig. 11 und 12 ergeben den Querschnitt und das Haupt einer Unterleitung des Geleel unter dem Ableitungscanal der Lys von Schoubrouk.

Die Operation zum Einbringen eiserner Röhren ist in den untenstehenden Quellen angegeben.[80])

d. Aquaducte. Durchschneidet der Bewässerungscanal Fluss- oder Bachthäler und genügt die Höhe des Wasserspiegels zur Ueberführung des Canals über den Wasserzug, so ist in der Regel die Anlage eines Aquaducts angezeigt. Es werden diese Bauwerke gewöhnlich in Massivbau ausgeführt, doch findet auch die Verwendung des Eisens statt, namentlich bei kleineren Anlagen oder wenn die Höhe der Construction beschränkt ist. Die im südlichen Frankreich ausgeführten bedeutenden Aquaducte sind bekannt, in neuerer Zeit sind die bedeutendsten Bauwerke dieser Art für den Cavour Canal erbaut. Taf. XXXIX, Fig. 9 und 10 ergeben den Aquaduct über die Dora Baltea; das Bauwerk hat 9 Bogen von je 16^m im Lichten, der Pfeil beträgt $1^m,6$, die Gewölbstärke im Scheitel $0^m,77$. Das Material zu den Ge-

[79]) Annales des travaux publics de Belgique. 1860—61.

[80]) Annales des ponts et chaussées, 1869 und 1875, Dec.

wölben ist Backstein. Ueber den Gewölben ist eine Cementschicht aufgebracht, um Durchsickerungen zu vermeiden. Der Canal hat 20^m lichte Weite, die Brüstungen sind $3^m,7$ hoch und $1^m,75$ breit und liegen mit der Oberkante $0^m,3$ über dem normalen Wasserstande des Canals.

Auf Taf. XXXIX, Fig. 16 bis 18 ist ein kleiner Aquaduct aus Eisenblech von $20^m,4$ lichter Tragweite dargestellt, welcher über der Eisenbahn St. Rambert-Grenoble erbaut ist.[81]) Die lichte Weite beträgt $0^m,58$ und die Höhe $0^m,98$. Die Stärke des Blechs ist 10^{mm}. Die Totalkosten betragen bei einem Preise des Eisens von 80 Pfg. für das Kilogramm incl. der Auflager 6200 Mark.

e. Wehranlagen kommen in den Hauptzuleitungscanälen selten vor, geringe Differenzen in den Höhen lassen sich durch die Stauschleusen im Canale ausgleichen. Liegt der Wasserspiegel der Nebenzuleitungscanäle oder Gräben erheblich tiefer, als der Wasserspiegel des Hauptcanals, so muss die Ablassschleuse mit einer Wehranlage verbunden werden.

Auf Taf. XXXVIII, Fig. 12 und 13 ist ein massives Wehr im Speisecanal aus der Dora Baltea dargestellt.

In den Haupt- und Nebenzuleitungsgräben sind kleinere Stauwerke zu erbauen, um den Normalwasserspiegel mit Sicherheit einhalten zu können, in Betreff der Construktion derselben ist auf die Werke über Wiesenbau namentlich von Dünkelberg, Vincent und Keelhoff (siehe Literatur) zu verweisen. Daselbst finden sich auch Angaben über die Siele und Schleusen, welche zur Aufleitung des Wassers auf die einzelnen Grundstücke oder Reviere dienen. Von dem Verfasser finden sich im Cultur-Ingenieur[82]) Mittheilungen über Einlasschleusen aus Steinplatten.

Das Längenprofil des Bewässerungscanals für die Boker Heide ergiebt Taf. XXXVIII, Fig. 6.[83]) In Fig. 7 ist ein Theil der Bewässerungsanlage bei Eguisheim am Oberrhein dargestellt.

§ 34. Die Methoden der Bewässerung und die Anlagen im Bewässerungs-Object. 1. Die Stauberieselung. Diese Methode der Bewässerung besteht im Wesentlichen in einer Eintheilung des Objects in mehr oder minder grosse Reviere, welche von Dämmen umgeben werden; an der oberen Seite wird das Wasser vermittelst Schleusen oder Sielen zugeleitet, an der unteren Seite in derselben Weise wieder abgelassen. Die Schützen in den Sielen und Schleusen im unteren Damm werden so lange geschlossen bis die normale Stauhöhe erreicht ist und dann so weit geöffnet, dass der Abfluss dem Zufluss entspricht. Das Wasser in den Revieren hat eine sehr langsame Bewegung und lässt daher die Sinkstoffe zur Befruchtung der Grundstücke fallen.

Diese Methode kann nur Anwendung finden wenn das Terrain eben ist, am günstigsten ist ein geringes Gefälle in der Richtnng des fliessenden Wassers, es wird dadurch die Trockenlegung nach Vollendung der Bewässerung befördert. Da der Verbrauch an Wasser erheblich geringer ist, als bei den Berieselungsanlagen, so gewährt diese Methode die Möglichkeit ausgedehnte Flächen zu bewässern, welche theils der Kosten, theils des Wassermangels wegen zur Berieselung nicht gebracht werden könnten. Diese Methode ist daher vorzugsweise geeignet, wenn das Wasser

[81]) Nouvelles Annales de la construction. 1857.

[82]) Band 2, S. 298.

[83]) Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker Haide von Wurffbain. Berlin 1856.

aus grossen Flüssen oder Strömen nur bei höheren Wasserständen entnommen werden kann und fruchtbare Sinkstoffe führt; ist es möglich Wasser zur Anfeuchtung nach dem ersten Schnitt zu erlangen, so wird der Erfolg der Anlage erheblich vergrössert. Ein nicht zu unterschätzender Vortheil der Stauberieselung liegt auch darin, dass die bewässerten Flächen ohne Nachtheil beweidet werden können.

Die Grösse der Reviere hängt von den Terrainverhältnissen ab, man kann unbedenklich bis auf 50 bis 60^{Ha} gehen, wenn die Wassertiefe vor dem untern Damm $0^m,5$ bis $0^m,7$ nicht übersteigt, bei unebenem Terrain lassen sich die Anlagekosten durch Mitteldämme mit sehr flachen Böschungen verringern. Das Wasser kann durch eine Reihe von Revieren gelassen werden, um dasselbe zu Zeiten des Wassermangels thunlichst auszunutzen, es kommt dabei die Qualität des Wassers in Betracht. Zweckmässig ist es die Einrichtung der Art zu treffen, dass jedem Revier auch frisches Wasser zugeführt werden kann. Unterhalb des oberen Damms und parallel mit demselben wird eine Mulde angelegt, welche zur Vertheilung des Wassers dient und das Material für den Damm liefert; vor dem unteren Damm wird ein Entwässerungsgraben oder Mulde angelegt, in welchen die Entwässerungszüge des Reviers einmünden, siehe Fig. 4. Ausser den Sielen zum Ablassen des Wassers in das untere Revier wird eine Ablasschleuse hergestellt, um das zurückbleibende Wasser vollständig in den nächsten Entwässerungsgraben zu führen. Die rasche und vollständige Trockenlegung der einzelnen Reviere ist von der grössten Wichtigkeit.

Fig. 4.



Die Dämme erhalten eine Höhe von $0^m,3$ bis $0^m,4$ über dem Normalwasserspiegel und nach der Binnenseite eine drei bis viermalige Böschung; die Kronenbreite ist zu 1^m anzunehmen. Die Böschungen sind sorgfältig zu besoden und bei grösserer Wassertiefe durch Weidenpflanzung gegen Wellenschlag zu sichern. Zur Erleichterung der Zu- und Ableitung des Wassers kann man in der Richtung des fliessenden Wassers einen Graben von dem obern bis zu dem untern Damm anlegen, wie solches in Belgien stets geschieht. Die Reviere werden daselbst von geringer Ausdehnung angenommen, die Breite zu 54^m, das Wasser steht unterhalb des oberen Dammes $0^m,02$ bis $0^m,04$ und oberhalb des unteren Dammes etwa $0^m,15$ über dem Terrain.[84]) Die Kosten der Stauberieselung sind sehr gering, da eine Umarbeitung der Flächen nicht stattfindet, und nur einzelne Höhen abzutragen und einzelne Niederungen allmählich auszufüllen sind; für grössere Reviere betragen die Kosten für die Anlage der Dämme, Schleusen und Siele auf das Hectar nur etwa 60 Mark.

2. Die wilde Berieselung. Diese Methode besteht in der Leitung des Wassers nach den höchst belegenen Punkten des Objects, von welchen dasselbe in die Niederungen abfliesst. Es fehlt bei derartigen Anlagen in der Regel an einer genügenden Entwässerung und kann bei den lang gestreckten Hängen und bei der unebenen Beschaffenheit eine gleichmässige Wirkung der Rieselung nicht eintreten. Der Bedarf an Wasser ist gross und der Erfolg gering. Derartige Anlagen sind daher nur als Vorläufer einer rationellen Anlage anzusehen und sollten nur dann verstattet werden, wenn die Kräfte der Grundbesitzer auf grossen Flächen derart in Anspruch genommen sind, dass es unmöglich ist sofort auf allen Stellen mit der regelrechten Einrichtung der Wiesen zu beginnen.

[84]) Traité pratique de l'irrigation des prairies par Keelhoff. 1856.

3. Der rationelle Wiesenbau. Es werden die Anlagen unter Berücksichtigung der Quantität und Qualität des zur Disposition stehenden Wassers und mit Rücksicht auf die Terrainverhältnisse ausgeführt, so dass die Erdarbeiten auf das geringste Maass beschränkt werden. Man unterscheidet den Hang- und den Rückenbau.

Der Hangbau, siehe nachstehende Fig. 5, findet vorzugsweise in den Wiesenthälern bei starkem Gefälle nach dem Bache Anwendung, der Zuleitungsgraben wird an der Thallehne entlang geführt und das Wasser vermittelst Parallelgräbchen auf die Bewässerungswiese gebracht, in Parallelgräben (Fanggräben) wird das Wasser aufgefangen und fliesst entweder direct auf das unterliegende Feld oder in den Entwässerungsgraben und frisches Wasser wird zugeführt. Die letztere Anordnung ergiebt die nachstehende Skizze Fig. 6, in welchen die Zuleitungsgräben mit doppelten, die Entwässerungsgräben mit einfachen Linien bezeichnet sind.

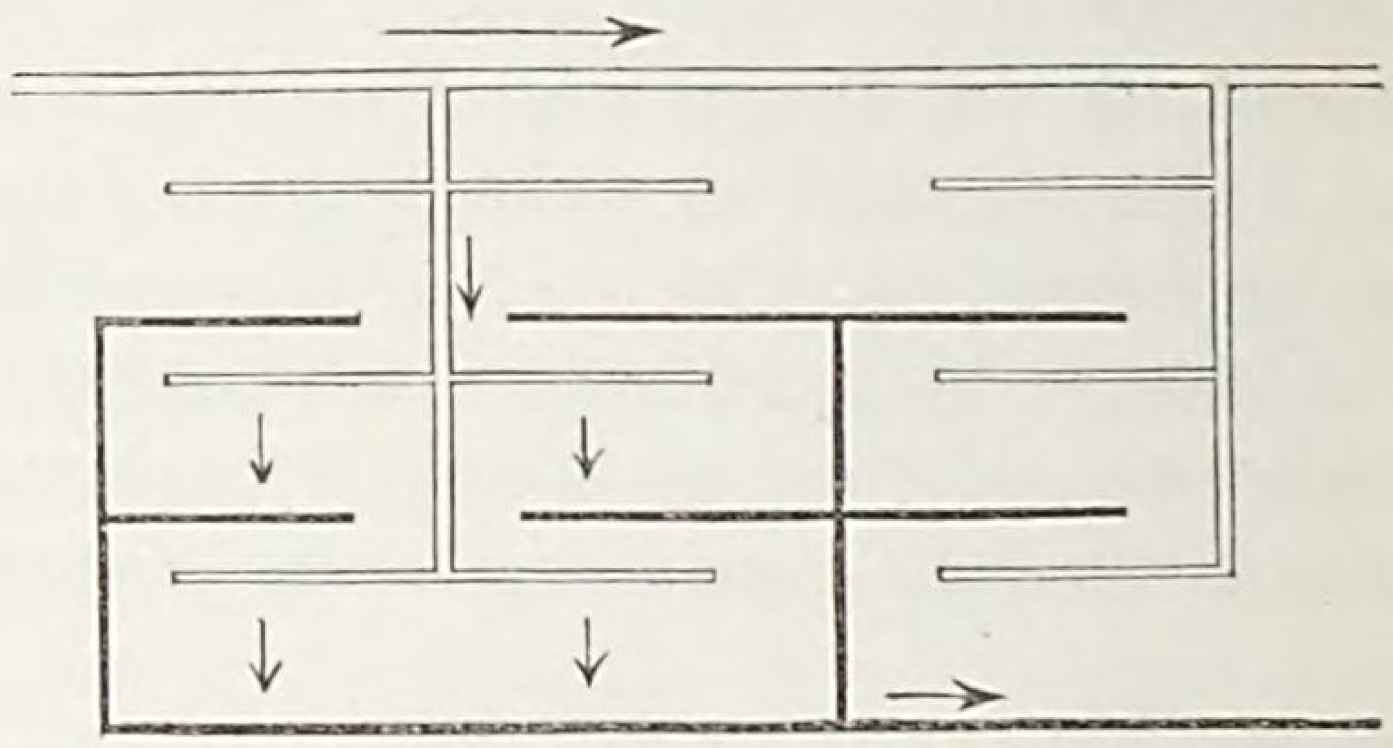
Fig. 5.



Fig. 7.

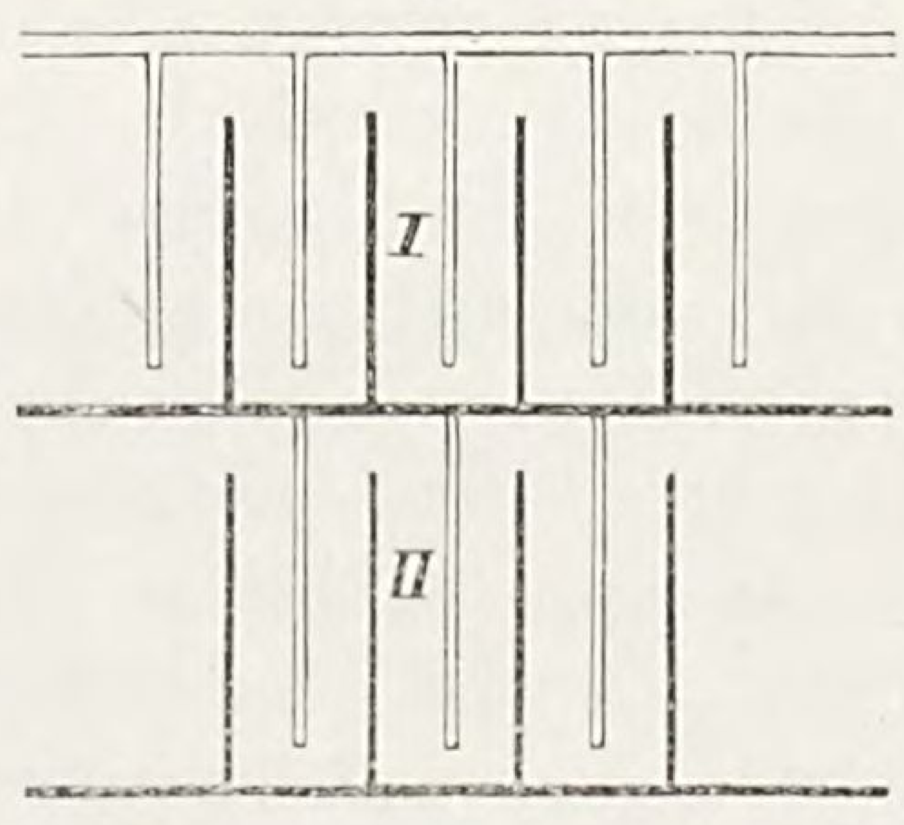


Fig. 6.



Der Rückenbau, siehe vorstehende Fig. 7, findet in ebenem Terrain Anwendung, wenn das Gefälle 2 Procent nicht übersteigt, die Grundrissanordung ergiebt die nebenstehende Skizze Fig. 8, nach welcher das Wasser direct aus dem Entwässerungsgraben auf die folgende Abtheilung geleitet wird, bei mangelndem Gefälle empfiehlt es sich das Abfallwasser der ersten Abtheilung auf der dritten, fünften u. s. w. Abtheilung wieder zu benutzen, der Abtheilung *II* aber frisches Wasser zuzuführen und das Abfallwasser auf den Abtheilungen *IV*, *VI* u. s. w. zu benutzen.

Fig. 8.



Die Längen der Rücken sollten, um ein gleichmässiges Ueberschlagen des Wassers zu erreichen, nicht über 20^{m} angenommen werden, doch findet man häufig Anlagen mit erheblich längeren Rücken. Die Breite der Rücken ist wegen der grösseren Kosten, der erschwerten Unterhaltung der Grippen und der Werbung des Heues bei schmalen Rücken nicht unter 7^{m},5 anzunehmen, bei gutem und knappen Wasser sind Breiten von 11^{m},3 und 15^{m} zulässig und findet man Rücken von noch grösserer Breite, welche gute Erträge geben. Bei grosser Breite empfiehlt es sich ein Regulirungsgräbchen etwa in der Mitte des Hanges entlang zu ziehen parallel zu der Zuleitungsgrippe. Das Gefälle der Rücken wechselt je nach der Breite derselben von 0^{m},15 bis 0^{m},25.

Geschieht die Herstellung der Wiesen nach der Schablone ohne Rücksicht auf die Terrain- und Wasserverhältnisse, so hat man den sog. Kunstwiesenbau, welcher indess wegen der bedeutenden Kosten jetzt nur noch selten zur Ausführung gebracht wird.

4. Die Anfeuchtung der Wiesen und Felder. Die vorhin aufgeführten Anlagen können auch zur Anfeuchtung im Sommer benutzt werden, wenn man die

Grippen mit Wasser gefüllt hält oder nach dem ersten Schnitt mässig überrieseln lässt. Dient die Bewässerung nur zur Anfeuchtung, so bringt man die Wiesenfläche in einzelne Abtheilungen von 200 bis 400 oder bezw. 300 bis 600^{m} Länge, je nachdem der Boden schwerer oder leichter ist, das Gefälle beträgt 0^{m},15 bis 0^{m},20 auf 100^{m}. Aus den Zuleitungsgräben wird das Wasser vermittelst Schleusen in 8 bis 10^{m} Entfernung auf die Wiese geführt, der Ableitungsgraben an der unteren Seite nimmt das abfliessende Wasser auf; auf der Wiese selbst werden keine Gräben gezogen. Die Bewässerung der Aecker geschieht vermittelst Furchen, die mit dem Pfluge gezogen werden, das Wasser wird in dieselben geleitet und zieht durch die Capillarkraft in dem Boden auf.

5. Es ist hier noch die Drain-Bewässerung nach dem System Petersen zu erwähnen. Der Sammeldrain wird in der Richtung des stärksten Gefälles gelegt, die Saugdrains normal gegen den Sammeldrain. Durch Ventile kann die Entwässerung während der Bewässerung unterbrochen werden. Die Grundstücke sind in Hangbau einzurichten. Für schweren Boden, welcher abgesehen von der Bewässerung der Drainage bedarf, bei starkem Gefälle, geringem Wasserzufluss und guter Beaufsichtigung wird sich dieses System der intensiven Cultur häufig mit Nutzen anwenden lassen.[85])

Die Einzelheiten der Cultur können hier nicht weiter erörtert werden, man vergleiche die unten angegebenen Quellen betreffend Bewässerung des Lein[86]), der Luzerne, Rüben, Gärten u. s. w.[87]), des Reis[88]), sowie die am Schlusse des Capitels angegebenen grösseren Werke, auf welche auch in Betreff der kleineren Bauwerke in den Bewässerungsobjecten Bezug genommen werden muss.

§ 35. Die Entwässerung. Es kann im Allgemeinen auf den Abschnitt über Entwässerungen Bezug genommen werden, es mag hier nur noch die Nothwendigkeit der gründlichen Entwässerung für Bewässerungsanlagen hervorgehoben werden. Der Wasserspiegel in den Entwässerungsgräben darf nicht über 0^{m},1 unter der Unterkante der Hänge ansteigen und muss die Anlage der Abzugsgräben die Möglichkeit gewähren rasch und sicher die einzelnen Abtheilungen trocken zu legen.

§ 36. Die zur Bewässerung erforderliche Wassermenge und die Wasserverluste. Die zur Bewässerung erforderliche Wassermenge ist hauptsächlich davon abhängig, ob die Bewässerung eine düngende oder lediglich eine anfeuchtende sein soll. Einen erheblichen Einfluss übt das Klima und die Bodenbeschaffenheit aus, ein Sandboden saugt das Wasser begierig auf, ein thoniger Boden nimmt nur wenig Wasser auf, ferner die Tiefe des Grundwassers unter dem Terrain, welche namentlich bei leichten Bodenarten von Einfluss ist, die Gefällsverhältnisse, welche entscheiden, ob sich das Wasser nur einmal oder wiederholt benutzen lässt, endlich die Art der Bewässerung (schmale oder breite Rücken u. s. w.) Für die anfeuchtende Bewässerung ist die Art der Cultur zu berücksichtigen, da die verschiedenen Pflanzen die Wiederholung der Anfeuchtung in grösseren oder kleineren Zwischenräumen erfordern.

In Piemont rechnet man für die anfeuchtende Bewässerung der Wiesen einen dauernden Zufluss von 1,4 Liter auf das Hectar, für Getreide, welches nur einmal

85) Turretin, Der Wiesenbau nach der neuen Methode von Petersen, Schleswig 1864.

86) Enciclopedia agraria, vol. II. Part. 4.

87) Annales des ponts et chaussées, 1854 und 1870.

88) Annales des ponts et chaussées, 1862. S. 217. — Annalen der Landwirthschaft. 1866, S. 161. — Annales des ponts et chaussées, 1853. — Enciclopedia agraria italiana, Bd. V, Th. 4. — Scientific American, 12. August 1871.

bewässert wird 0,35 Liter, für Klee 1 Liter bei 2 bis 3 maliger Bewässerung, für Reis 4 Liter auf das Hectar; im Durchschnitt werden 1 bis 1,2 Liter auf das Hectar in der Secunde berechnet, wenn das Abfallwasser wieder benutzt werden kann. Die Menge des Abfallwassers wird durchschnittlich zu 25 Procent des zugeleiteten Wassers angenommen. Der Wasserverlust durch Filtration und Verdunstung in Canälen beträgt je nach den Localverhältnissen 10 bis 17 Procent. Im Allgemeinen kann man den Bedarf an Bewässerungswasser zur Anfeuchtung in den südlichen Ländern zu 1 Liter auf das Hectar und in der Secunde annehmen, bei vorwiegender Garten- oder Reiscultur ist jedoch der Durchschnittssatz zu erhöhen. In Indien[89]) rechnet man für Reis 1,75 bis 2,3 Liter in der Secunde, in der Lombardei nimmt man den Verbrauch zu 2 Liter in der Secunde und auf das Hectar an. In Algier hat man wegen des Wassermangels den Verbrauch an Wasser sehr beschränkt, auf Luzerne, Melonen, Mais, Orangerie, Baumwolle rechnet man etwa $^1/_3$ Liter in der Secunde und auf das Hectar, für Rüben, Tabak $^1/_5$ Liter. Für Deutschland würde man wegen des weniger warmen Klimas die obigen Angaben etwas vermindern können, es ist indess zu berücksichtigen, dass bei dem Wassermangel in den wärmeren Ländern der Verbrauch auf ein Minimum reducirt ist und kann man daher bei der in nördlichen Ländern überdies nicht so sorgfältigen Haushaltung des Wassers auch für Deutschland die obigen Angaben beibehalten, falls nicht etwa ein sehr durchlassender oder thoniger Boden eine Aenderung nothwendig erscheinen lässt.

Die düngende Bewässerung erfordert für Rücken- und Hangbau je nach den Localverhältnissen eine Wassermenge von 30 bis 80 Liter in der Secunde zur Berieselung eines Hectar, bei viermaliger Benutzung also 7,5 bis 10 Liter auf das Hectar Bewässerungsfläche. Für Stauberieselungen genügen 10 bis 20 Liter zur gleichzeitigen Bewässerung von 1 Hectar in der Secunde, ist das Wasser sehr fruchtbar und steht längere Zeit zur Disposition, so wird man auch noch unter dieses Maass hinabgehen können.

Die Wasserverluste bei der Berieselung und Ueberstauung sind je nach den Localverhältnissen sehr verschieden, Keelhoff[90]) hat den Verlust zu $^1/_5$ bis $^1/_6$ des zugeleiteten Wassers gefunden, Vincent hält den Verlust für unbedeutend, der Verfasser[91]) fand Verluste von 9 bis 22 Procent.

§ 37. Die Vertheilung des Wassers. Für die düngende Bewässerung geschieht die Vertheilung des Wassers in der Regel durch Schleusen oder Siele mit Schützen, deren lichte Oeffnung nach der zu bewässernden Fläche und nach der Druckhöhe bestimmt wird; die Vertheilung des Wassers geschieht nicht nach Kubikmaass, sondern nach der Zeit.

In den südlichen Ländern findet die Vertheilung des Wassers nach Kubikmaass Anwendung, in Italien verwendet man die Moduli, welche bei einer bestimmten Oeffnung unter bestimmter Druckhöhe eine gewisse Quantität Wasser geben. Der Mailänder Modul hat eine Oeffnung von $0^m,1487$ Breite und $0^m,1983$ Höhe im Lichten, die Stärke der Platten, in welchen sich die Oeffnung befindet, soll $0^m,1487$ und die Druckhöhe $0^m,0991$ sein. Da man die Abgabe von x Wasserzoll einfach dadurch bewirkt, dass man der Oeffnung die Breite $x \times 0,1487$ giebt, so ist es klar, dass

89) Lamairesse in den Annales des ponts et chaussées, 1869.

90) Traité pratique de l'irrigation des prairies, 1856.

91) Hess. Ermittelung der Wasserverluste bei Bewässerungsanlagen im Cultur-Ingenieur, Bd. III.

die grösseren Oeffnungen verhältnissmässig eine grössere Quantität Wasser geben, es schwanken daher die Angaben in Betreff der Consumtion eines Wasserzolls von 32 bis 46 Liter, je nachdem zu den Beobachtungen kleinere oder grössere Oeffnungen benutzt wurden. Nach den neueren Untersuchungen[92]) schwanken die Reductionscoefficienten von 1 bis 8 Wasserzoll von 0,576 bis 0,619. Der Verwirrung durch die Anwendung der verschiedenartigsten Moduli ist dadurch ein Ziel gesetzt, dass im Civil-Codex des Königreichs Italien (Artikel 622) der italienische Modul zu 100 Liter in der Secunde festgesetzt ist ohne Rücksicht auf die Form der Oeffnung und die Druckhöhe.

In den Bewässerungsanlagen, welche von dem Canal von Marseille gespeist werden, hat man für geringe Wassermengen schwimmende sog. Ueberfallwehre verwendet, deren Consumtion von der Druckhöhe unabhängig ist[93]). Von Chameroy ist ebenfalls ein Apparat *(Jauge piézometrique)* construirt, welcher unabhängig vom Drucke stets gleiche Quantitäten Wasser liefert[94]). Bei der Entnahme grösserer Wassermengen aus dem Zuleitungscanal ist die Anlage von Schleusen unvermeidlich, in Italien hat man in neuerer Zeit unterhalb ein Wehr angebracht und die Ueberlaufhöhen für die verschiedenen Consumtionen bestimmt, die Regulirung geschieht durch die Schützen der Schleuse.

§ 38. Die Bewässerung mit städtischem Abfallwasser. Im Anschluss an Capitel IV, § 10 ist über die Benutzung des städtischen Abfallwassers zu landwirthschaftlichen Zwecken Folgendes zu bemerken.

Die erste Anwendung des städtischen Abfallwassers zur Bewässerung machten im zwölften Jahrhundert die Cistercienser Mönche des Klosters Chiaravalle bei Mailand[95]), indem sie die Vettabbia, welche das Abfallwasser aus der Stadt und dem Festungsgraben abführt, zur Bewässerung von Wiesen in der Nähe der Stadt benutzten. Die Anlagen sind im Laufe der Jahrhunderte weiter ausgedehnt und geben noch heute einen ausgezeichneten Ertrag, der erste Schnitt wird bereits in der Mitte des Monat Januar gewonnen und beträgt der Pachtpreis für das Hectar 400 bis 480 Mark.[96]) Im Anfange dieses Jahrhunderts begann man mit der Benutzung des Abfallwassers von Edinburg zur Bewässerung der Craigentinny-Wiesen[97]), auch hier wurden Pachterträge von 441 Mark für das Hectar erzielt, gleichwohl fand die Anwendung eine weitere Ausdehnung nicht, weil die üblen Gerüche der Wiesen die Baulust aus der Nähe des Bewässerungsobjects verdrängte.

In den letzten Jahrzehnten sind in England, Frankreich und Deutschland Anlagen zur Benutzung des Abfallwassers ausgeführt, pecuniäre Erfolge haben diese Anlagen mit wenigen Ausnahmen nicht gehabt, es lässt sich dies leicht erklären, da die Zuleitung des Abfallwassers nach dem Objecte nicht wie in Mailand und Edinburg vermittelst des natürlichen Gefälles geschah, sondern die Massen durch Maschinen gehoben werden mussten, überdies für die grösseren Städte die Leitungen eine erhebliche Länge erhalten mussten und die Grundentschädigungen sehr bedeutend waren; ausserdem war die Beschaffung des Bewässerungs-Objects oft mit grossen

[92]) Manuale pratico di idrometria von Angelo Parrochetti. 1876.

[93]) Michaelis. Ent- und Bewässerungsanlagen im südlichen Frankreich.

[94]) Annales des ponts et chaussées, 1870. Chronique, S. 95.

[95]) Raccolta delle opere idrauliche e tecnologiche di Giuseppe Bruschetti. vol. II. S. 96.

[96]) Hess. Die Marcite in der Lombardischen Ebene im Cultur-Ingenieur, Band III.

[97]) Wiebe. Ueber die Reinigung und Entwässerung der Stadt Berlin, S. 160.

Schwierigkeiten verknüpft. Die Verpflichtung das Abfallwasser zu allen Zeiten aufzunehmen wirkt ebenfalls ungünstig auf die Rentabilität der Anlage, namentlich in nassen Jahren. Die Bewässerung mit städtischem Abfallwasser ist nach den bisherigen Erfahrungen nicht als eine lucrative Anlage für die Städte anzusehen, sondern als eine mit Opfern herzustellende Anlage, um die Verunreinigung der Gewässer zu vermeiden. Bei undurchlässigem Untergrund ist besondere Vorsicht erforderlich, um Nachtheile durch das Abfallwasser zu verhüten.

In England ist die Bewässerung mit städtischen Abfallwasser in 44 Städten mit durchschnittlich 12 600 Einwohnern durchgeführt[98]), die mittlere Grösse der bewässerten Fläche beträgt 45^{Ha}; die Kosten der Anlage betragen durchschnittlich auf den Kopf 19 Mark, die Kosten der Unterhaltung 1,1 Mark. Von 54 Städten wird die Reinigung des Wassers durch Filtration bewirkt, die Kosten der Anlage belaufen sich auf 6 Mark auf den Kopf und 2 Mark 18 Pf. auf den Kopf beträgt die Unterhaltung jährlich. Die chemische Behandlung ist in 27 Städten durchgeführt, die Kosten der Anlage belaufen sich auf 4 Mark, die Kosten der Unterhaltung auf 66 Pf. jährlich auf den Kopf.

In Paris wird die Bewässerung der Ebene von Gennevilliers mit städtischem Abfallwasser immer weiter ausgedehnt, nach dem Bericht der Commission, welche am 22. August 1874 von dem Minister für die öffentlichen Arbeiten eingesetzt war[99]), sind zum Ersatz der Alkalien, des Stickstoffs und der Phosphorsäure auf ein Hectar für jede Ernte 15 000 kb^m erforderlich, also für eine dreimalige Ernte 45 000 kb^m jährlich, es wurden verbraucht durchschnittlich 50 000 bis 100 000 kb^m jährlich auf das Hectar. Nachtheile der Bewässerung sollen nicht vorgekommen sein. Der Pachtpreis der Grundstücke ist von 72 bis 96 Mark auf 160 bis 240, auch auf 300 Mark auf das Hectar gestiegen.

Nach Ausführung der neuen Anlagen betragen die Gesammtkosten 2 100 000 M. und werden alsdann 1000^{Ha} mit etwa $^3/_5$ des vorhandenen Schmutzwassers bewässert.

In Frankreich ist Paris die einzige Stadt, welche mit städtischem Abfallwasser bewässert.

In Deutschland sind die Städte Berlin und Danzig mit der Verwendung der Abfallstoffe in neuerer Zeit vorgegangen, auch ist in Bremen eine grössere Anlage projectirt und eine Anlage in geringerem Umfange in der Ausführung begriffen.

Der Zweck der Bewässerung mit städtischem Abfallwasser besteht in einer Reinigung des Wassers, damit dasselbe ohne Nachtheil den Wasserzügen zugeführt werden kann und in einer düngenden bezw. anfeuchtenden Bewässerung der Grundstücke.

Die Untersuchungen über die Art und Weise, in welcher der Boden das städtische Abfallwasser reinigt, erscheinen noch nicht abgeschlossen. Nach den Versuchen von Jeannel[100]) verhindern die Wurzeln der Pflanzen die Fäulniss der organischen Materien, welche aufgelöst und suspendirt im Wasser sind. Die Wurzeln der lebenden Pflanzen wirken wie Quellen von Sauerstoff, unter ihrem Einfluss verschwinden die Bacterien und Monaden und machen den in der Luft lebenden Infusorien Platz, dem Wasser wird Sauerstoff aus dem Boden zugeführt. Nach Latham

98) Annales industrielles, 1874, 5. bis 19. April.

99) Annales des ponts et chaussées, 1875, Dec. S. 632—682.

100) Comptes rendus, tome LXXX, S. 796.

ist es hauptsächlich die Verwandtschaft des Oberbodens mit den düngenden Stoffen, welche die Reinigung bewirkt; der Boden zieht die Dungstoffe an und magazinirt dieselben, macht sie für die Aufnahme durch die Pflanzen geeignet und giebt die Nahrungsstoffe bei eintretender Vegetation allmählich ab, daher giebt auch der erste Schnitt auf bewässerten Grundstücken, welcher die Aufspeicherungen des Winters consumirt, fast die Hälfte sämmtlicher folgenden Schnitte.

Das Abfallwasser fliesst den Bewässerungsfeldern aus den städtischen Canälen entweder in einer Druckleitung oder in offenen Canälen zu. In neuester Zeit hat man in England mit Erfolg eine Vorrichtung von Odams und Blackburn zum Reinigen verwendet[101]), dieselbe besteht aus zwei concentrischen Cylindern, von denen der innere mit feinen, der äussere mit grossen Löchern versehen ist. Die Cylinder sind wie 1:10 geneigt und fliesst das Abfallwasser von oben zu. Ein Elevator hebt die dicke Masse aus dem unteren Ende des Cylinders.

Das Rieselfeld muss drainirt werden, falls der Boden nicht sehr durchlassend ist. Die Anstauung des Rieselwassers in den tief liegenden Drains muss als eine irrationelle Methode angesehen werden, auch die Bewässerung vermittelst Schläuchen ist nicht zweckmässig.

Bei grösseren Anlagen wird man eine Vertheilung des Abfallwassers im Objecte durch offene Gräben, entweder gemauert, in Beton oder in Erde in der Regel annehmen. Die Bewässerung geschieht entweder durch Ueberrieseln und kann man Hang- oder Rückenbau je nach den Localverhältnissen verwenden, oder durch Einstauen, indem man Furchen zwischen schmalen Beeten öffnet, in welche das Wasser zur Anfeuchtung einstaut und nach der Verdunstung ersetzt wird. Die erste Methode eignet sich vorzugsweise für Grasproduction, die letzte für Gemüsebau u. s. w. Eine Stauberieselung oder Colmation findet seltener Anwendung.

Die Fläche, welche zur Reinigung des Abfallwassers erforderlich ist, wird in England zu 4 bis 5^{Ha} auf 1000 Personen gerechnet; bei durchlassendem Boden kann man erheblich unter dieses Maass gehen. Es wird sich empfehlen bei grösseren Anlagen im Wege des Versuchs vorzugehen, wie solches in Paris geschehen ist.

Auf die Einzelnheiten der Cultur mit Abfallwasser und die Erfolge, sowie auf die chemische Untersuchung des Abfallwassers vor und nach der Berieselung kann hier nicht weiter eingegangen werden, es mag nur auf die am Schlusse des Capitels angegebene Literatur und namentlich auf die Arbeiten von Ronna, Durand Clay, Dünkelberg, Lefeldt verwiesen werden, von denen die Arbeit von Lefeldt[102]) auf Seite 489 bis 532 die englische Literatur und Auszüge aus officiellen Documenten giebt.

[101]) Iron. 15. Juli 1876.

[102]) Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1872.

Literatur.

1. Handbuch des landwirthschaftlichen Wasserbaues von Dr. Emil Perels. Berlin 1877.

Maschinenanlagen bei künstlicher Entwässerung.

2. Het Pomprad, een verbetered scheprad door van Royen. Utrecht. Kemink en Soon. 1869.
3. Studi comparativi sulla Ruota-Pompa di Overmars e van Royen von Chizzolini. Milano 1871.
4. Publication industrielle des machines par Armengaud ainé. 1869.
5. Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1872—73, 2. Lieferung. Die Maschinen zur Trockenlegung des Stadil Fjord.
6. Engineering 1873. 23. Mai. Entwässerung des Zuilichen Polders in Holland.
7. Portefeuille économique des machines. Febr. 1866 Centrifugalpumpen von Malo und Belleville.
8. Zeitschrift für Bauwesen, 1858. Krüger über Kastenpumpen.
9. Zeitschrift für Bauwesen, 1866. S. 486. Wernekink über Entwässerung des Essenburger Bruches.
10. Polytechnisches Journal, 1861, 6. 179. Entwässerungs-Maschinen für die Gemarkungen Oppenheim, Dienheim und Ludwigshöhe im Grossherzogthum Hessen.
11. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1876. April. Die Dampfmaschine des Lammefjord Pumpwerks auf Seeland.
12. Engineering 1876. 7. Jan. Pumpstation in der Niederung bei Ferrara.
13. Scientific American 1875. 17. April und Stummer's Ingenieur, 1877. Windmühlen.
14. Stummer's Ingenieur 1. und 12. Mai 1876. Das Pumpwerk zu Dordrecht.
15. Deutsche Bauzeitung 1876, No. 77. Kröhnke über Wasserschnecken.

Colmation.

16. Die Colmation im Isère-Thale, von dem Ingenieur Choron. Annales des ponts et chaussées 1871. Mai.
17. Historische und technische Abhandlung, betreffend die Eindeichung und Colmation am linken Ufer des Var-Flusses vom Ingenieur Vigan. Annales des ponts et chaussées, 1872. Mai. S. 337—405.

Bewässerungsanlagen.

18. Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen, von Professor Dr. Dünkelberg. 2. Aufl. Braunschweig. 1877.
19. Irrigation et assainissement des terres par Raphael Pareto. Paris 1851.
20. Cours d'agriculture et d'hydraulique agricole par Nadault de Buffon. Paris 1858. 4 Bände.
21. Des submersions fertilisantes par Nadault de Buffon. Paris 1867.
22. Italian Irrigation by Baird Smith. 2 Bände. Edinburg und London. 1855.
23. Vincent. Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis. Leipzig, 1870.
24. Sulle bonificazioni, risaie ed irrigazioni del regno d'Italia, relaz. del Pareto.
25. Il canale Cavour, memoria storico-tecnico par l'ingegnere F. Ajraghi. Milano 1869.
26. Sui prati maricitorii dell ingegnere G. Manzi. Milano 1864.
27. A short account of the Ganges Canal by the late Colonel Baird Smidt.
28. Series of rapports to irrigation in the Madras Presidency. 4 Bände.
29. Referate und Abhandlungen über indische Bewässerungen. Zeitschrift des Architecten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. 1871, S. 404 u. 531; 1872, S. 109; 1873, S. 101 u. 102, 251, 571; 1874, S. 118 u. 331; 1875, S. 93, 251 u. 566.

XIII. Capitel.

Deichschleusen (Siele[1]).

Bearbeitet von

H. Garbe,
Königl. Baurath, Professor am Polytechnikum zu Hannover.

(Hierzu Taf. XL bis XLII und 3 Holzschnitte.)

§ 1. Zweck. Benennungen. Geschichtliches. Deichschleusen sind Entwässerungsschleusen in den Deichen, welche den Wasserzügen (kleineren Flüssen oder Entwässerungscanälen) der bedeichten Niederung freien Abfluss durch den Deichkörper während des niedrigeren Standes des Aussenwassers gewähren, dagegen die höheren Stände des letzteren mittelst beweglicher Verschlussvorrichtungen zurückhalten oder „kehren". Sofern Dünen an Stelle der Deiche vorhanden sind, werden die Entwässerungsschleusen in seltenen Fällen auch in Dünen erbaut.[2])

Im nordwestlichen Deutschland und besonders an der Nordsee werden die Deichschleusen gewöhnlich Siele genannt; namentlich bezeichnet man die bedeckten Deichschleusen mit diesem Namen. Ferner heisst der Hauptentwässerungscanal, in welchen die übrigen Wasserzüge einmünden und welcher auch oft das von der Geest kommende fremde Wasser aufnimmt, das Binnentief, Binnenfleeth oder die Wettern, sowie die Verlängerung desselben zwischen dem Siele und dem Recipienten das Aussentief oder Aussenfleeth; das Binnentief bildet auch oft den Busen für die durch Schöpfanstalten künstlich zu entwässernden, niedrig gelegenen Theile der Marsch (vergl. Cap. XII, § 20).

Die Deichschleusen kommen sowohl in Flussdeichen als in Seedeichen vor. Die Wirksamkeit der ersteren ist insofern wesentlich verschieden von derjenigen der Siele in den Seedeichen, als sie längere Zeit, oft monatelang, während der lange

[1]) Nach dem ursprünglichen Plane sollte die Besprechung der Siele sich an das XI. Capitel (Deiche) anschliessen. Verschiedene Umstände waren Veranlassung, dass derselben ein besonderes Capitel gewidmet worden ist. Bei einzelnen in der ersten Hälfte des Handbuchs vorkommenden Verweisungen stimmen deshalb die dort angegebenen Nummern der Capitel XIII u. ff. mit den definitiven Nummern nicht überein, was der Leser entschuldigen wolle. Jene Umstände brachten es auch mit sich, dass die Untersuchungen über Weite und Höhenlage der Siele in einem Anhange (s. S. 1141) aufgenommen sind, was gleichfalls entschuldigt sein will. Die Herausgeber.

[2]) Die Katwyker Schleusen in der Provinz Holland bieten ein hervorragendes Beispiel dieser Art; vergl. Storm Buysing's Waterbouwkunde, II. Bd., sowie Hagen's Seeufer- und Hafenbau, I. Bd.

andauernden hohen Oberwasserstände geschlossen bleiben, um dann wieder monatelang während der niedrigen und mittleren Wasserstände des Flusses geöffnet zu sein. Bei den Sielen der Seedeiche findet dagegen durch die Fluth und Ebbe zweimal täglich in Zwischenräumen von etwa 12½ Stunden (einer „Tide") ein Ansteigen und Fallen des Aussenwassers und dadurch ein Schliessen und Oeffnen derselben statt. Nur ausnahmsweise, falls nämlich das Ablaufen der Ebbe durch Stürme erheblich beeinträchtigt wird, bleiben auch die Seedeichsiele während mehrerer Tiden zum Nachtheile der entwässernden Grundstücke geschlossen.

Wird Schiffahrt auf den Sieltiefen getrieben, so muss das Siel den Durchgang der Fahrzeuge während derjenigen Zeit, wo Binnen- und Aussenwasser in offener Verbindung stehen, gestatten; soll dies auch zu anderer Zeit möglich sein, so muss eine Kammerschleuse erbaut werden. In der Regel genügt die erstere Anordnung; die Schiffe sammeln sich aussen und binnen vor dem Siele, indem die Sieltiefe daselbst erweitert und auch wohl mit Bohlwerken oder Kaimauern behufs leichteren Löschens und Ladens versehen sind.

Die Siele der Seedeiche werden auch zum Einlassen von Aussenwasser in das Binnentief vielfach benutzt und müssen dann mit Verschlussvorrichtungen (Thoren, Klappen oder Schützen) an der Binnenseite versehen werden, um das eingelassene Wasser zurückhalten zu können.

Zweck dieses Einlassens ist:

a. die Ueberstauung der moorigen und bruchigen Niederungen, welche sich oberhalb der sog. Seegrenze (Grenze des Salzwassers) oft finden, mit schlickreichem Wasser, welches bei der Fluth ein- und bei der Ebbe ausgelassen wird;

b. die Erhöhung des niedrigen Wasserstandes in der Marsch zur Zeit der trockenen Sommermonate im Interesse der Grundstücke, der Schiffahrt, der Viehtränke oder der sonstigen Haus- und Wirthschaftszwecke; auch dies kommt, da salziges Wasser nicht zu verwenden, nur oberhalb der Seegrenze vor;

c. die Hebung des Wasserstandes im Binnentiefe, um durch plötzliches Ablassen desselben zur Zeit der niedrigen Ebbe einen kräftigen Spülstrom im Aussentiefe hervorzurufen und dieses event. unter Zuhilfenahme eines sog. Sielpflugs von den Schlickablagerungen zu reinigen. Letzteres kommt am häufigsten und zwar sowohl unter- als oberhalb der Seegrenze vor; die untere Strecke des Binnentiefs wird dann oft mit Verwallungen (Kajedeichen) versehen, durch welche die übrigen Wasserzüge mittelst kleiner Siele eingeleitet werden, damit das eingelassene Wasser nicht in dieselben und auf die niedrigen Grundstücke dringe; besonders muss das Eindringen des Salzwassers in die Zuggräben in Rücksicht auf das weidende Vieh vermieden werden. Ferner muss an demjenigen Punkte des Binnentiefs, bis zu welchem das eingelassene Wasser treten soll, ein durch Thore zu verschliessendes Schützwerk (sog. Verlaat), gebaut werden, um die Anfüllung des entfernt vom Siele liegenden Theiles des Binnentiefs, welcher wegen des Gefällverlustes weniger kräftiger spülen würde, zu verhindern.

Die unter b. und c. genannten Zwecke werden auch wohl durch Ansammlung des Binnenwassers ohne Einlassen des Aussenwassers erreicht. An der Einmündung derjenigen Zuggräben in das Binnentief, durch welche niedrige Grundstücke entwässert werden, müssen stets kleine, durch selbstthätige Thore oder Klappen geschlossene Stauwerke (in den Elbmarschen „Schüttels" genannt) erbaut werden, um die höheren Wasserstände des Binnentiefs zu kehren.

Bei den Flussdeichen kommt das Einlassen des schlickreichen Hochwassers nur selten vor, dagegen wird das Binnenwasser in trockener Jahreszeit gleichfalls im Interesse der Schiffahrt u. s. w. zurückgehalten.

Die Siele sind als nothwendiges Zubehör der Deiche ebenso alt wie diese. An der norddeutschen Küste soll das älteste Siel an der Jade bei Briddewarden[3])

[3]) Frese, Ostfriesland und Harlinger Land. Aurich 1796.

schon im Jahre 970 erbaut und 1218 fortgerissen sein, doch werden die meisten Bauwerke dieser Art an der deutschen und holländischen Nordseeküste im 12. und 13. Jahrhundert errichtet sein; bei der Erneuerung ist behufs der Wiederbenutzung der Sieltiefe gewöhnlich das neue neben dem alten Siele hergestellt.

§ 2. Lage der Siele. Die Lage der Siele wird beeinflusst durch die Rücksichten:

1. auf die Vorfluth;
2. auf die Länge des Aussentiefs;
3. auf Schutz gegen Strömung, Wellenschlag und Eisgang;
4. auf den Baugrund.

Betreffs der Vorfluth ist zu bemerken, dass Siele in Flussdeichen an einem möglichst stromabwärs gelegenen Punkte der Marsch zu erbauen sind, weil dort naturgemäss die niedrigsten Grundstücke sich finden und bei einem genügend weiten und tiefen Binnentiefe auch ein Gewinn an Vorfluth gegenüber dem Flusse zu erzielen ist. Dieser Gewinn wird namentlich dann ein beträchtlicher sein, falls es bei langgestreckten Marschen möglich ist, das Binnentief so weit abwärts zu führen, dass es in den vom Oberwasser unabhängigen Theil des Flusses oder in die See einmündet; in den Niederlanden kommen derartige Fälle vor. Im Allgemeinen finden sich jedoch sehr langgestreckte Abwässerungsverbände selten, weil das von den oberhalb gelegenen Ländereien kommende Wasser bei länger andauernder Unterbrechung der Entwässerung leicht die unterhalb gelegenen Grundstücke überschwemmt, bezw. deren Entwässerung hinderlich wird; gegen die Ueberschwemmung vermögen auch Kajedeiche wegen des Durchkuverns keinen unbedingten Schutz zu gewähren. Bei den Seemarschen ist überhaupt kein Gefälle des Ebbespiegels im Recipienten vorhanden oder es ist dasselbe (an den Flussmündungen) zu gering, um an Vorfluth erheblich gewinnen zu können.

Von grossem Einfluss auf die Wahl des Sielplatzes ist die Länge des Aussentiefs, welches möglichst kurz sein muss; bei den Seemarschen giebt dieser Umstand gewöhnlich den Ausschlag. Bei den Flussmarschen versandet das Aussentief bei jedem Hochwasser und muss, da es nicht gespült werden kann, mit grossem Kostenaufwande geräumt werden; bei den Seemarschen treten starke Verschlickungen in demselben ein. Bei den letzteren bildet sich namentlich in niedrigen, entfernt vom Siele gelegenen Watten ein flaches unregelmässiges Bett mit vielen Krümmungen aus (die grösseren Rillen werden „Balje", die kleineren „Priele" genannt), in welchem das aus dem Siele kommende Wasser nur in der letzten kurzen Ebbezeit, in der es vereinigt bleibt und mit starkem Gefälle abströmt, eine Spülung herbeizuführen vermag, während es die übrige Zeit frei über das Watt abfliesst, ohne eine solche Wirkung ausüben zu können. Besonders tritt während länger andauernder, ungünstiger Winde, welche die Ebbe nicht genügend abfallen lassen, eine höchst nachtheilige Verschlickung ein; solche ist noch grösser, falls der Marsch kein fremdes Wasser zuströmt, so dass das Siel, um das Binnenwasser nicht zu tief abfallen zu lassen, während der Sommermonate ganz geschlossen bleibt.

Um das Eintreiben des Schlickes von den Watten in das Sieltief, welches namentlich im ersten Stadium der Fluth erfolgt, zu verhüten, wird unterhalb des Sieltiefs (bezw, an der Oberwasserseite der Fluthströmung) und längs desselben wohl ein etwa $0^m,6$ hoher, 4^m breiter, abgerundeter Erdwall aufgeworfen, dessen Oberfläche durch starke Strohbestickung oder Faschinenbespreutung mit Strohunterlage geschützt ist; ein Faschinendamm ist zu diesem Zweck weniger tauglich, da in demselben leicht Höhlungen entstehen, durch welche die gewöhnlich in $0^m,3$ Stärke flüssige obere Wattschicht eingespült wird.

Das Siel muss auf gutem Baugrunde und an einer Stelle erbaut werden, wo die betr. Deichstrecke durch Strömung, Wellenschlag und Eisgang nicht übermässig leiden kann; ein hohes, nicht abbrechendes, aber in Rücksicht auf das Aussentief nicht zu breites Vorland ist daher erwünscht. Es bildet nämlich jedes Siel einen schwachen Punkt im Deiche, woselbst ein Durchbrechen des Wassers weit leichter als bei dem übrigen Deichkörper eintreten kann; solches erfolgt

a. zwischen den Seitenwänden und der Erde, indem sich beim Setzen des Deichs, an welchem die wohl fundirte Schleuse nicht Theil nimmt, Zwischenräume zwischen der Erde und der Schleusenwand bilden;
b. unter dem Boden, falls die Spundwände nicht die nöthige Dichtigkeit oder Länge besitzen;
c. nach Zerstörung des schwächeren, über dem Bauwerke verbleibenden Deichkörpers, welcher auch in Folge der Unterbrechung der ebenen Böschungsflächen stärker angegriffen wird;
d. nach einem Bruche der Verschlussvorrichtungen.

Um Notharbeiten in den Stunden der Gefahr leichter vornehmen zu können, sucht man die Siele in der Nähe von Ortschaften anzulegen, welche dann auch die Vortheile der sich am Siele concentrirenden Schiffahrt besser geniessen. Umgekehrt sind aus diesem Grunde im Laufe der Zeit neben vielen Sielen der Seedeiche Ortschaften, welche gewöhnlich nach dem Siele genannt werden, entstanden.

Ferner ist es günstig, das Siel in der Nähe eines binnendeichs gelegenen grossen Kolks, durch welchen das Binnentief geführt wird, zu erbauen, indem ein solcher Kolk als Sammelreservoir dient und das von dem Sieltiefe beanspruchte Gefälle ermässigt wird.

§ 3. Construction der Siele im Allgemeinen. Die Bauweise der Siele ist eine sehr verschiedene und hauptsächlich abhängig:

a. von der Art des Deiches, ob derselbe Fluss- oder Seedeich, grossen oder geringen Wasserstands-Differenzen ausgesetzt, auf gutem oder schlechtem Grunde gelagert ist;
b. von der Grösse und den Zwecken des Bauwerks, ob dasselbe gleichzeitig und in hervorragender Weise der Schiffahrt dienen oder auch als Einlassschleuse, sowie zum Aufstauen des Binnenwassers benutzt werden soll;
c. von dem Materiale und von localen Eigenthümlichkeiten.

Die Siele sind gewöhnlich bedeckt, indem der Deichkörper über die hölzerne Decke oder das massive Gewölbe, wenn nicht in voller Stärke, so doch im oberen bei Hochwasser hauptsächlich exponirten Theile fortgeführt wird; bei geringer Weite bis etwa $1^{m},5$ nennt man sie Pumpsiele oder Pumpen.

Offene Deichschleusen werden hergestellt, falls der Deichkörper über einem bedeckten Siele zu klein bleiben würde, um den Angriffen des Wellenschlages und Eisganges Widerstand leisten zu können, was namentlich bei kleineren Deichen leicht eintritt, oder falls bedeckte Siele nicht die nöthige Lichthöhe für die Schiffahrt gewähren. Sie sind in der Unterhaltung kostspieliger als bedeckte Siele; ihre grösseren Thore sind weniger leicht beweglich und wegen des Verziehens weniger wasserdicht. Ferner erfordern sie Roll-, Klapp-, Dreh- oder sonstige bewegliche Brücken für den Verkehr, falls solcher von Bedeutung ist.

Der mittlere Theil des Bauwerkes, über welchen bei den bedeckten Sielen der Deich fortgeführt ist und welcher auch die Haupt-Abschlussvorrichtung enthält, heisst

das Hauptsiel, dessen Boden stets durchaus wasserdicht hergestellt sein muss. An dasselbe schliessen sich nach aussen das Aussenvorsiel, nach binnen das Binnenvorsiel; sie bilden den Uebergang zu den Sieltiefen, erweitern sich daher am besten nach den Enden und erstrecken sich bei wichtigen Sielen bis in die Bermen und selbst bis zum Ende derselben. Der Boden der Vorsiele ist bei grösseren Sielen gleichfalls wasserdicht hergestellt, um Auswaschungen bei der heftigen Durchströmung unmittelbar vor dem Hauptsiele zu verhüten und die Sicherheit gegen den Durchbruch des Wassers im Boden zu erhöhen, dagegen bei kleineren Sielen nur durch Sturzbetten aus Faschinen mit Steinpackung oder dergl. gesichert. An die Vorsiele schliessen sich Uferschälwände zur Einfassung der Sieltiefe. Sie reichen mindestens bis zu dem Ende der Bermen bezw. soweit, als eine heftige Bewegung des Wassers bei der Auswässerung oder beim Einlassen des Aussenwassers zu befürchten oder als es die Interessen der Schiffahrt erheischen. Diese Schälwände sind nur bei massiven Sielen auf geringer Länge zuweilen gleichfalls massiv erbaut; öfter finden sich die billigeren Bohlwerke oder Faschinendeckwerke; der letzte, weniger exponirte Theil derselben wird auch oft durch Böschungen mit starken Faschinenbespreutungen, Pflasterungen u. s. w. ersetzt. Die Sohle der Sieltiefe ist im Anschlusse an die Böden der Vorsiele auf 10 bis 50^{m} Länge gleichfalls durch Sturzbetten gegen Auskolkungen zu sichern.

Die bedeckten Siele werden entweder aus Holz oder massiv erbaut, doch findet im letzteren Falle das Holz auch zu den Fundamenten und dem Boden Verwendung; die offenen, den Witterungseinflüssen mehr ausgesetzten Deichschleusen werden dagegen in der Regel massiv hergestellt. Bei Flussdeichen, deren Untergrund wegen der geringen Mächtigkeit der oberen Alluvionschicht gewöhnlich günstig für die Fundirung ist, werden vorzugsweise die dauerhafteren massiven Siele, und zwar entweder auf Beton- oder auf Pfahlrost-Fundirung erbaut; bei den Seedeichen ist dagegen das nicht tragfähige Alluvium (Klai, Moor, Darg) meist von solcher Mächtigkeit, dass die Herstellung durchaus sicherer Fundamente für den Massivbau mit erheblichen Kosten verknüpft ist und daher bis auf die Gegenwart auch hölzerne Siele vielfach erbaut werden; früher bildeten sie sogar die Regel, obgleich der obere Theil der Seitenwände und die Decke, welche sich über Wasser befinden, keine grosse Dauer haben und der Boden durch die Strömung des Wassers, namentlich falls dasselbe Sand führt, stark angegriffen wird. Bei massiven Seedeich-Sielen ist der Pfahlrost die fast ausschliesslich vorkommende Fundirung und muss derselbe mit der grössten Sorgfalt hergestellt werden.

Ist das Alluvium von grosser Mächtigkeit, so entstehen durch die Unbeständigkeit der Druckverhältnisse in Folge der wechselnden Wasserstände, durch die weiche Beschaffenheit des Bodens, in welchem die Pfähle auf grosser Länge stehen, durch die ungleichmässigen Pressungen, welche von dem stark sich setzenden Deichkörper auf den benachbarten, früher nicht belasteten weichen Untergrund und von diesem wieder auf die Pfähle, Spundwände und den Boden hervorgerufen werden, und durch die vom Deichkörper ausgeübte ungleichmässige Belastung des Siels, welches unter der Deichkappe einen weit grösseren Druck als am Fusse der Böschungen erhält, sehr leicht Risse in den Mauern und im Gewölbe, welche man bei zahlreichen Sielen beobachten kann. Wirksame Mittel gegen solche besonders aus der Beweglichkeit der langen Pfähle und der ungleichförmigen Belastung und Sackung des Deichkörpers resultirenden Bewegungen des Bauwerkes sind:

1. Vermehrung der Pfähle unter den stärker belasteten Theilen des Siels, bezw. Wahl von etwas längeren und stärkeren Pfählen, deren Eindringen sorgfältig zu beobachten, um eventuell neben diejenigen Pfähle, welche zu stark gezogen, noch andere zu setzen;
2. Schrägpfähle nach beiden Richtungen,
3. Kräftige durchgehende Längenverbindungen des Rostes, namentlich zwischen Hauptsiel und Vorsielen,
4. Längsspundwände im Anschlusse an die äusseren Querspundwände, so dass der Rost ringsum von Spundwänden umgeben und gegen die seitlichen Bodenpressungen geschützt wird;
5. Vermeidung von langen geraden Flügeln, welche leicht von dem Deichschube abgerissen werden; an Stelle derselben sind schräge Flügel zu setzen, welche gewissermaassen Strebepfeiler für das Bauwerk bilden und auch für die Bewegung des Wassers und für die Schiffahrt vorzuziehen sind,
6. Langsame Aufhöhung des Deichkörpers neben dem Siele und Verwendung von bester trockner Deicherde, welche dem Abrutschen nicht ausgesetzt ist und weniger sackt.

Bei besonders ungünstigen Verhältnissen lassen sich Risse im Mauerwerk mit Sicherheit nur vermeiden, wenn ausser den obigen Mitteln auch der weiche Schlamm unter dem Boden des Siels grösstentheils beseitigt und durch besseren Boden ersetzt wird. In dieser Beziehung gestalten sich die Verhältnisse bei den Sielen oft noch ungünstiger als bei den Schiffsschleusen, indem der Boden der letzteren gewöhnlich tiefer liegt, so dass die Pfähle in geringerer Länge frei stehen und die Belastung eine gleichmässigere ist, während doch in Bezug auf Wasserdichtigkeit des Bodens dieselbe Sicherheit vorhanden sein muss.

Der Boden wird daher im Wesentlichen wie bei den Schiffsschleusen construirt, so dass betreffs aller Details auf das XVI. Capitel verwiesen werden kann.

Die Verschlussvorrichtungen der Flussdeich-Siele brauchen in der Regel nicht selbstthätig eingerichtet zu sein, da sich das Aussenwasser selten in kurzer Zeit zu grösserer Höhe erhebt. Es genügen daher verticale, gewöhnlich aus horizontalen Bohlen mit Leisten hergestellte Schütze, welche durch die im VII. Capitel, § 9 beschriebenen Vorrichtungen, und zwar gewöhnlich mittelst Hebeln (Wuchtebäumen), Ketten nebst Windewellen oder Zahnstangen nebst Getrieben bewegt werden. Dieser Verschluss ist einfach und insofern Thoren oder Klappen vorzuziehen, als etwaige vor den Schlagschwellen liegende fremde Körper weniger störend wirken können. Aber trotzdem werden bei Flussdeichsielen Thore sehr oft an Stelle der Schützen gewählt, weil letztere bei grösserer Sielweite grosse, kostspielige Winden erfordern, deren Reparatur bei entlegenen Bauwerken oft mit Schwierigkeiten verknüpft ist, und weil die Thore bei solchen Sielen, deren Aussenwasser häufigen und raschen Schwankungen gegenüber dem niedrigen Binnenwasser ausgesetzt ist oder in deren Nähe ein Wärter zur Bedienung der Schützen nicht wohnen kann, den Vorzug verdienen.

Bei den Seedeichsielen kommen dagegen gegen das Aussenwasser fast ausschliesslich selbstthätig wirkende Verschlussvorrichtungen vor[4]), nämlich Thore bei den grösseren Sielen, Klappen bei den Pumpsielen, welche von der Fluth ge-

[4]) Die Entwässerungsschleusen bei Katwyk bilden in gedachter Hinsicht eine Ausnahme. Man hat an diesem unter ständiger Aufsicht stehendem Bauwerke die äusseren Verschlussvorrichtungen als starke Schütze construirt.

schlossen werden und sich öffnen, sobald die Ebbe zur Höhe des Binnenwassers abgefallen ist. Die Klappen drehen sich um eine obere horizontale Achse, die Thore um eine verticale Achse; letztere bestehen nur in seltenen Fällen aus einem einzigen oder aus zwei in derselben Ebene liegenden, sich gegen einen Mittelständer oder Mittelpfeiler legenden Thorflügeln, vielmehr in der Regel aus zwei sogen. Stemmthoren, deren Spitze gegen das höhere Aussenwasser gekehrt ist. In allen grösseren Seedeich-Sielen, mit Ausnahme derjenigen in den wenig exponirten Rückdeichen, finden sich sogar fast ausnahmslos zwei Thorpaare hinter einander, um den bei Sturmfluthen entstehenden bedeutenden Wasserdruck vertheilen zu können und auch für den Fall, dass Reparaturen an dem einen Paare eintreten, noch gesichert zu sein. Bei den bedeckten Sielen wird dann das äussere, bei den offenen Sielen das innere Thorpaar zum Kehren der gewöhnlichen Fluthen benutzt und das andere Paar, die Sturm- oder Noththore, von dem Sielwärter geschlossen, falls höhere Fluthen zu befürchten sind. Durch Thorschütze wird die Vertheilung des Wasserdruckes herbeigeführt und verhindert, dass die äusseren Thore, nachdem die inneren zuerst geschlossen worden, durch den Wellenschlag, welcher ein Ein- und Rückströmen des Wassers zwischen die beiden Thorpaare veranlasst, abwechselnd gewaltsam auf- und zugeschlagen werden. In höchst seltenen Fällen ist das innere Thorpaar bei den bedeckten Sielen auch wohl durch ein verticales, unter der Deichkappe oder unter der Mitte der Binnenböschung angeordnetes Schütz ersetzt worden, welches aber das Gewölbe und demnach den so überaus wichtigen Zusammenhang des Bauwerkes in nachtheiliger Weise unterbricht.

Die Verschlussvorrichtungen zum Aufstau des Binnenwassers, bezw. zum Zurückhalten des von aussen in das Binnentief eingelassenen Wassers, bestehen in Schützen oder Thoren, welche an der Binnenseite des Hauptsiels oder im Binnenvorsiele angeordnet sind.[5])

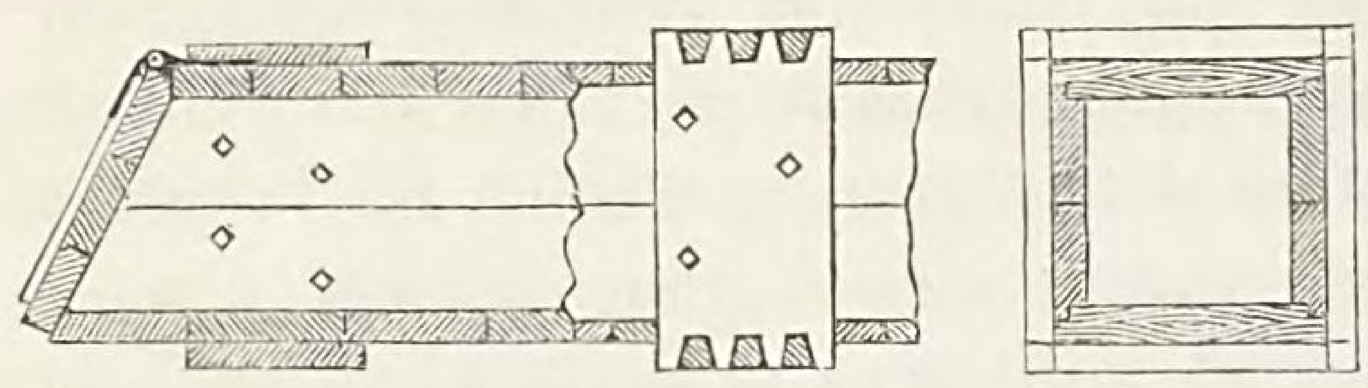
§ 4. Pumpsiele. Sie werden hauptsächlich in Binnendeichen, Kajedeichen und sonstigen kleineren Deichen, selten in Hauptdeichen erbaut, da bei letzteren die für Aufgrabung des Deiches, Abdämmung der Sieltiefe u. s. w. aufzuwendenden Kosten stets sehr beträchtlich sind und da ferner grössere Abwässerungsverbände mit grösseren Sielen wegen der Freihaltung des Aussentiefs von Verschlickungen sowie im Interesse der Schiffahrt den Vorzug verdienen. Bei hochliegendem guten Baugrunde werden sie gewöhnlich massiv und zwar entweder aus Platten, vergl. Taf. XXXIV, Fig. 15, hergestellt, oder besser mit halbkreisförmiger Ueberwölbung gemauert, dagegen bei schlechterem Baugrunde oder knappen Geldmitteln von Holz ausgeführt.

Für grössere Weiten, von $0^m,5$ bis $1^m,5$ □, werden einzelne etwa $^{10}/_{10}{}^{cm}$ starke Rahmen oder Gebinde in etwa 1^m Entfernung aufgestellt, aussen mittelst 5 bis 8^{cm} starker Bohlen verkleidet, sowie bei grösseren Deichen — vergl. Taf. XL, Fig. 5 — noch durch obere und untere Langschwellen verbunden; für geringe Weiten von $0^m,2$ bis $0^m,5$ □ werden nur einzelne Rahmen aus Bohlen aussen um die 5 bis 8^{cm} starken Bohlen gelegt, unter Fortlassung jener Gebinde, siehe nachstehende Fig. 1 (S. 683). Die hölzernen Pumpsiele werden gewöhnlich ohne jede Fundirung verlegt und mit Thon ringsum eingestampft. Bei weichem Untergrunde und grösseren Deichen tritt jedoch leicht ein so ungleichmässiges Setzen des Deiches ein, dass das Bauwerk stark verbogen und zerstört wird; in solchen Fällen leisten einige Grundpfähle, auf

[5]) Ueber Weite und Höhenlage der Siele vergl. den Anhang auf S. 1141.

deren Holm das Pumpsiel verlegt wird, gute Dienste, wie es überhaupt vorzuziehen ist, grössere Pumpsiele nach Art der Ständersiele, Taf. XL, Fig. 14, jedoch ohne Kopfbänder, Spannbalken und Langschwellen der Grundpfähle, zu erbauen[6]). Solche grössere Pumpsiele werden auch mit kleinen Flügeln und selbst mit kurzen Vorböden versehen. Bei allen wichtigeren Pumpsielen, namentlich bei grösserem Höhenunterschiede zwischen den Wasserständen, weichem Untergrunde, geringer Länge des Siels u.s.w. ist zur Verhütung von gefährlichen Durchquellungen stets eine 5 bis 8cm starke Spundwand am äusseren Ende unter dem Boden einzurammen, welche an beiden Seiten noch je etwa 1m lang in den Deichkörper als höhere Flügelwand verlängert wird.

Fig. 1.



Der Verschluss der Pumpsiele erfolgt bei Seedeichen stets durch eine Klappe, welche allerdings eine erhebliche Profileinschränkung hervorruft, bei Flussdeichen durch eine Klappe oder ein Schütz, das sich dann in verticalen Stielen bewegt.

§ 5. Hölzerne Siele. Siehe Taf. XL. Sie werden unter beiden Böschungen und ausserdem im Interesse des Verkehrs unter der Binnenberme, zuweilen auch unter der Aussenberme, auf etwa 3m Länge fortgeführt, so dass die Stirnwände und Vorsiele, welche den Einflüssen der Witterung stark ausgesetzt sind, nur geringe Länge erhalten, dagegen das geschützte Hauptsiel sehr lang wird und der Deichkörper möglichst stark bleibt. Das sogenannte Gericht oder Schlaggebind für die äusseren Thore wird entweder an der äusseren Stirnwand angeordnet[7]), so dass die Thore in das äussere Vorsiel aufschlagen, in welchem Falle jedoch die Stirnwand mindestens 1m hoch sein muss, damit der Deichkörper unmittelbar hinter den Thoren genügende Stärke erhalte und nicht vom Wasser durchbrochen werde, oder im vorderen Theile des Hauptsiels, vergl. Fig. 8 und 12. Die letztgenannte Construction wird bei grösseren Seedeichen und namentlich bei Ständersielen, welche leichter zu durchbrechende Bekleidungsbohlen in der Decke erhalten, gewöhnlich vorgezogen, weil die Thore den Witterungseinflüssen und sonstigen Beschädigungen weniger ausgesetzt sind, dagegen sind die Thore dann weniger zugänglich. Das Gericht für die bei den grösseren Seedeichen nothwendigen Noththore wird stets unter der Deichkappe angeordnet, um auch, nachdem grössere Schöllöcher in der Aussenböschung entstanden, noch einen sicheren Abschluss zu besitzen; das Binnengericht für die Schützen oder Thore zum Aufstauen des Binnenwassers wird stets mit der Binnenstirnwand verbunden. Alle grösseren, nicht zu den Pumpsielen gehörenden hölzernen Siele sind stets auf Pfählen zu fundiren; in älterer Zeit hat man sie allerdings wohl ohne Weiteres auf den Klaiboden verlegt, doch ist dies wegen der zu befürchtenden Durchbiegung nicht empfehlenswerth.

Das Hauptsiel wird entweder als Ständer- oder als Balkensiel construirt und führt danach das ganze Bauwerk diesen Namen. Die Ständersiele, vergl. Fig. 10, 11, 14, 15, bestehen aus einzelnen in 0,6 bis 0,9m Entfernung von Mitte zu Mitte aufgestellten, sehr starken Gebinden, die oben und unten durch Längsbalken zusammengehalten, übrigens mit 7 bis 10cm starken Bohlen bekleidet werden und auf Grundbalken, die wieder auf Längsrostschwellen ruhen, gelagert sind. Bei

[6]) Vergl. ein solches Siel in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XI. Bl. 308.

[7]) Ein solches Beispiel findet sich in Buchholz, Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. Hannover. 1829; ferner in der Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. III., Mittheilung von Tolle.

grösseren Sielen unterstützen noch Kopfbänder die oberen, durch den Deich stark belasteten Balken und erhöhen die Steifigkeit des Bauwerks; sie fehlen nur in den Thorkammern, wo daher die Deckenbalken durch besondere Längsträger entlastet sind. Die Thorkammern erhalten eine grössere Weite, so dass die aus ausserordentlich starken Hölzern mittelst Versatzung und doppelten Zapfen zusammengesetzten Schlaggebinde mit den Wänden des Hauptsiels bündig liegen und nur im Boden etwa 20^{cm} vorstehen, doch wird auch wohl der äussere Theil des Hauptsiels von den Noththoren bis zur äusseren Stirnwand, welche dann gleichzeitig das Fluththorgericht bildet, in der Weite und der tieferen Sohlenlage der Thorkammer ausgeführt. 4 bis 5 Querspundwände von 7 bis 10^{cm} Stärke, 2,5 bis 4^{m} Länge sind unter den Thor- bezw. Schützgebinden, sowie am Anfange und Ende des Bodens unbedingt erforderlich; die ersteren reichen als Flügelspundwände noch einige Meter in den Deichkörper, um jede Bewegung des Wassers hinter der glatten Bohlbekleidung abzuschneiden. Zum Schutze des Bodens ist eine Ausmauerung der unteren Gebindhölzer oder Spannbalken zu empfehlen; die Sicherheit des Bodens gegen Durchbiegung kann durch eine Verbindung dieser Spannbalken mit den unteren Grundbalken mittelst starker eiserner Bolzen oder hölzerner Schlüsselkeile sowie bei grösserer Weite durch eine mittlere Pfahlreihe erheblich erhöht werden, während die Längsrostschwellen (Sandstraken) zu entbehren sind. Hinter den Schlaggebinden können auch noch Streben angeordnet werden.

Durchaus abweichend von der obigen, an der Nordseeküste üblichen Construction[8]) ist das Weichseldeich-Siel bei Neuenburg, Fig. 1 bis 4, erbaut[9]); der Deichkörper ist dort nicht durchgeführt, vielmehr reichen die beiden Stirnwände, gegen welche sich die Thore lehnen, bis zur verbreiterten Deichkappe; die Seitenwände und Mittelwand des Hauptsiels, wie die sehr hohen Vorsielwände sind durchgerammt. Wegen der kostspieligen Unterhaltung und der geringeren Sicherheit kann diese Construction nicht empfohlen werden.

Die Balkensiele, vergl. Fig. 6 bis 9, 12, 13, 20, 21, sind im Hauptsiele ausschliesslich aus Balken, also ohne Bohlen, hergestellt, wobei der auf die Seitenwände ausgeübte Erddruck durch sogenannte Achterständer, welche in 1,5 bis 2^{m} Entfernung hinter der Seitenwand aufgestellt und mit jedem einzelnen Balken durch Schraubbolzen verbunden werden, auf die Decken- und Bodenbalken übertragen wird, ausserdem werden die Seitenbalken wohl noch durch eiserne Dübbel, welche in dieselben einige Centimeter eingreifen, zusammengehalten. Durchgerammte Achterständer sind nicht zu empfehlen. Ferner sind zur Einfassung aller Ecken Ständer angeordnet, in welche sich die Seitenbalken mit ihrer halben Stärke legen. Die Deckbalken erhalten, entsprechend dem Gewichte des Deichkörpers, unter der Kappe die grösste Stärke und werden bei bedeutender Weite auch wohl durch eine Mittelwand unterstützt; die Bodenbalken sind bei grösserer Weite und stärkerem Wasserdrucke auch in der Mitte durch Sandstraken und Grundpfähle mit verkeilten Zapfen gegen Durchbiegung zu sichern. Die Thorkammern werden nach allen Richtungen erweitert, wobei jedoch die unterbrochene Längsverbindung durch eiserne Bänder, eingeschobene Hölzer u. s. w., vergl. die Fig. 10 bis 13, in solidester Weise wieder ersetzt werden muss; es müssen deshalb auch die durch Hakenkämme verbundenen Stösse der Balken verwechselt werden. In Rücksicht auf das Faulen werden die Balken sehr stark gewählt, nämlich in den Seitenwänden 15 bis 25^{cm}, im Boden 17 bis 25^{cm}, in der Decke 20 bis 36^{cm} stark.

[8]) Ein älteres Ständersiel enthält auch Crelle's Journal f. d. Bauk., Bd. XIV, Taf. III, ferner Dietlein, Vorlesungen. Berlin. 1832.

[9]) Zeitschr. f. Bauw. 1858. Bl. 29.

Die Balkensiele verdienen den Vorzug vor den Ständersielen, da sie wegen der fehlenden Bohlen grössere Dauer besitzen, der Bewegung des Wassers geringeren Widerstand bieten und bei etwa gleichem Holzbedarf leichter herzustellen sind. Hierzu kommt noch, dass Balkensiele in demjenigen Theile, welcher der grössten Abnutzung ausgesetzt ist, d. h. in der Wasserlinie der Seitenwände, verhältnissmässig leicht erneuert werden können. Ständersiele sind wegen ihrer durch die Kopfbänder erzielten grösseren Steifigkeit und bessern Unterstützung der Decke nur zu empfehlen falls wegen der Schiffahrt eine einzige grosse Oeffnung von über $4^{m},5$ Weite herzustellen ist; andernfalls ist auch bei grösserer Weite ein Balkensiel und zwar mit Mittelwand vorzuziehen. Im Oldenburg'schen ist eine combinirte Construction, Fig. 19, vor längerer Zeit ausgeführt, doch fehlt derselben der nothwendige Zusammenhang.

Die Stirnwände am Ende des Hauptsiels werden durch Balken oder durch Ständer mit Bohlen gebildet und bei grösserer Höhe mit der Decke des Hauptsiels verankert, die kurzen Vorsiele als aufgesetzte Bohlwerke construirt, welche seltener durch Erdanker als durch Spreizen gegen den Erddruck gesichert werden; solche Spreizen sind allerdings den Schiffen leicht hinderlich, übrigens aber einfacher und dauerhafter als Erdanker und werden bei grösserer Länge noch durch Kopfbänder unterstützt; auf dieselben wird auch wohl eine Decke von Brettern gelegt, um die Sonnenstrahlen von den Thoren abzuhalten und im Winter das Einfrieren der Thore zu verhüten.

Bei der Ausführung der hölzernen Siele ist zu beachten:

a. dass keine Holztheile vorstehen, die nach eingetretenem Sacken der Erde zu Wasseradern Veranlassung geben;

b. dass alle Fugen durch getheertes Löschpapier oder feines trocknes Moos, das zwischen die gestrichenen, frisch getheerten und fest zusammengetriebenen Flächen gelegt wird, absolut wasserdicht gearbeitet werden, (nur ausnahmsweise darf man nachträglich Werg an einzelnen undichten Stellen einbringen);

c. dass Thon oder zäher Klai, möglichst frei von vegetabilischen und animalischen Substanzen überall dicht an das Holz und unter den Boden gestampft werde, um die Wasserdichtigkeit zu erhöhen und das Faulen des Holzes zu verhindern; endlich muss dafür gesorgt werden,

d. dass eine kräftige Längsverbindung, namentlich bei weichem Boden, vorhanden ist. Betreffs der Holzarten vergl. Cap. XVI.

Die Verlaate oder Schüttels, welche im Binnentiefe und in den Zuggräben zum Schutze der niedrigen Grundstücke gegen höhere Wasserstände vielfach erbaut werden, sind bei grösserer Weite offen, vergl. Fig. 16 bis 18, mit 1 Paar Thoren, bei geringerer Weite nur mit einem Thorflügel oder als Pumpsiele auszuführen.

§ 6. Massive bedeckte Siele. Sie werden entweder wie hölzerne Siele mit langem, unter den Böschungen fortgeführten Hauptsiele, niedrigen Stirnmauern, kurzen und niedrigen Vorsielen, oder wie Taf. XLI, Fig. 1 bis 3, mit kurzem Hauptsiele, hohen Stirnmauern, langen und hohen Vorsielen erbaut; die erstere Construction verdient wegen ihrer grösseren Sicherheit den Vorzug und kommt bei den deutschen Seedeichsielen fast ausschliesslich vor. Die Verschlussvorrichtung gegen das Aussenwasser legt sich in der Regel gegen die äussere Stirnfläche des Hauptsiels. Beim Verschlusse durch Schützen ist die Stirnmauer, welche oben die Winde trägt,

bis zur Deichkappe hochgeführt, vergl. die Einlassschleuse auf Taf. XXXIV, Fig. 15 bis 16. Beim Verschlusse durch Stemmthore wird das Gewölbe nebst Widerlagsmauern entweder in der ganzen Fläche, oder besser nur in den Wendenischen und in einem oberen horizontalen Streifen, gemäss dem Anschlagsdreiecke, (Drempeldreiecke) schräg abgearbeitet, vergl. Taf. XLI, Fig. 8. Thore, welche in geschlossenem Zustande normal zur Längsachse des Siels liegen und sich ohne Stemmung gegen einen verstrebten Mittelstiel oder gegen einen Mittelpfeiler legen, kommen höchst selten vor[10]), da sie für die Bewegung des Wassers und die etwaige Schiffahrt ungünstig sind. Ebenso selten findet sich bei alten holländischen Sielen die auf Taf. XLII, Fig. 11 bis 12 dargestellte Anordnung, bei der sich die äusseren Thore im Hauptsiele unter der Aussenböschung befinden, wo sie sich gegen eine massive, durch die Seitenwände unterstützte, übrigens frei liegende oder aufgehängte Schlagschwelle legen, auf welcher eine Schildmauer zur Abschliessung des oberen Theiles des Siels aufgeführt ist. Durch diese Construction wird die Schiffahrt ganz ausgeschlossen und die Controle über die Thore erschwert. Zuweilen sind die äusseren Thore der holländischen Siele auch als einflügelige Spülthore construirt, vergl. Taf. XLII Fig. 1 und 2. Betreffs der Sturm- oder Noththore der Seedeichsiele kommen verschiedene Anordnungen vor, vergl. Taf. XLII.

1. Dieselben befinden sich im Hauptsiele, wo sie

a. unter der Aussenböschung oder der Kappe in einer besonderen, das Gewölbe in nachtheiliger Weise unterbrechenden Thorkammer liegen und bis zum Scheitel des Gewölbes reichen (Fig. 9); die Thorkammer wird dann auch wohl durch einen sich gegen das Hauptgewölbe stützenden Flachbogen überwölbt[11]);

b. nur bis zum Kämpfer des Gewölbes reichen, Fig. 10, so dass das Gewölbe ununterbrochen fortgeführt ist, doch vermögen sie dann nur eine wirksame Entlastung der äusseren Thore herbeizuführen, falls der Kämpfer etwa in ordinairer Fluthhöhe liegt;

c. nur bis zum Kämpfer des Gewölbes reichen und sich gegen eine obere massive Schlagschwelle nebst Schildmauer legen, Fig. 1 bis 3 und 10, (holländische Art);

2. Dieselben befinden sich im Binnenvorsiele, Fig. 15 bis 18, in welchem Falle keinerlei Unterbrechung des Hauptsiels nöthig ist, die Thore auch gemäss dem zu vertheilenden Wasserdrucke beliebig hoch geführt werden können und in Verbindung mit den äusseren Thoren eine kleine Kammer für Schiffahrtszwecke bilden; wegen des längeren Vorsieles ist diese Anordnung aber die kostspieligste[12]).

Wegen der Unterbrechung des Gewölbes sind Schütze an Stelle der Noththore, Fig. 5 bis 8, nicht zu empfehlen.

Die Binnen- oder Ebbethore zum Aufstauen des Binnenwassers sind für Spülzwecke mit Drehschützen oder grossen Verticalschützen versehen und legen sich in der Regel gegen die für die Stemmung schräg abgearbeitete Binnenfläche des Hauptsiels; nur für den Fall, dass etwaige Noththore im Binnenvorsiele liegen, Fig. 15 bis 18, sind sie neben denselben angeordnet.

[10]) Siehe ein solches Beispiel Zeitschr. f. Bauw. 1858. Bl. 30.

[11]) Beispiele in Hagen's Seebau und Hunrich's Deich-, Siel- und Schlengenbau. Bremen 1776.

[12]) Das vom Verfasser erbaute Siel, Fig. 15 bis 18, wird auch als Einlassschleuse zu Bewässerungszwecken benutzt und musste desshalb ohnehin mit sehr langem Binnenvorsiele versehen werden.

Werden, um den vollen Querschnitt für Spülzwecke frei zu machen, bei Sielen von mittlerer Grösse Schütze statt der Binnenthore gewählt, so sind grosse Winden zur Bewegung derselben erforderlich, für welche sich eine besondere Ausbildung der Binnenstirnmauer, vergl. Taf. XLII, Fig. 22 bis 23, empfehlen kann.

Der Boden der Siele wird, sofern nicht wie bei Taf. XLI, Fig. 1 bis 6 eine Betonirung möglich, am besten in der im XVI. Cap. näher besprochenen holländischen Art ausgeführt, indem quadratische Grundbalken von 20 bis 25^{cm} Seitenmaass in Entfernungen von 0,8 bis $1{,}2^{m}$ nach der Quere auf die Pfähle gezapft und mittelst überkämmter Langschwellen (Sandstraken) von $^{15}/_{20}$ bis $^{20}/_{25}{}^{cm}$ Stärke verbunden werden, um sowohl eine kräftige Längenverbindung zu erzielen, als auch die 7 bis 10^{cm} dicken gestrichenen Bohlen wasserdicht verlegen zu können. Zur Verstärkung des Bodens gegen den von unten nach oben wirkenden Wasserdruck, sowie zum Schutze desselben gegen die verzehrende Wirkung des strömenden Wassers ist eine weitere Sicherung des Bodens nöthig. Solche erfolgt

a. durch Spannbalken von $^{20}/_{25}$ bis $^{28}/_{34}{}^{cm}$ Stärke, welche mit den Grundbalken durch eiserne Bolzen oder hölzerne Schlüsselkeile verbunden und deren Zwischenräume mit Klinkern ausgemauert werden, vergl. Taf. XLII, Fig. 15; in Holland wird sogar in der Regel auch eine Uebermauerung der Spannbalken vorgenommen, um dieselben zu schützen und massive Schlagschwellen wählen zu können, vergl. Taf. XLII, Fig. 3 und 11;

b. durch ein umgekehrtes Gewölbe, Taf. XLII, Fig. 5, 10, 22, dessen Pfeil aber, um dem Wasserdrucke widerstehen zu können nicht zu klein genommen werden darf.

Vier Querspundwände von 3 bis 4^{m} Länge, 7 bis 12^{cm} Stärke, welche wasserdicht bis in den Bohlenbelag bezw. in die hölzernen Drempelbalken reichen, sind unter den Thoren, sowie am Anfang und Ende des Bauwerkes anzuordnen; die ersteren reichen als Flügelwände, sofern nicht wie bei Taf. XLII, Fig. 4 und 12 massive Pfeiler gewählt sind, auch seitlich in den Deichkörper, um die Bewegung der Wasseradern hinter den Seitenwänden abzuschliessen. Bei sehr weichem Boden, vergl. § 3, sind auch Schrägpfähle und umschliessende Längsspundwände anzuordnen.

Für das Gewölbe der Decke bietet der Halbkreis wegen der leichten Ausführung und günstigen Widerlagsstärke die fast ausschliesslich gewählte Form; nur da, wo es wegen der Noththore erwünscht ist, den Kämpfer möglichst hoch zu rücken, siehe Taf. XLII, Fig. 10, ist ein flacher Korbbogen berechtigt, obgleich derselbe in der irrthümlichen Auffassung, dass er in statischer Beziehung Vortheile biete, auch in anderen Fällen wohl gewählt ist; ein überhöhtes, gemäss der Stützlinie aus mehreren Mittelpunkten construirtes Gewölbe wird selten gewählt werden können, da die Ersparniss an Material in der Regel durch die Beschränkung des Durchflussprofils reichlich aufgewogen wird. Uebrigens werden Gewölbe und Widerlagsmauern wie bei den Brücken, die sonstigen Mauern wie bei den Schiffsschleusen ausgeführt; das Material derselben besteht, abgesehen von der Werksteinbekleidung der exponirten Theile, also namentlich aller Anschlagsflächen, gewöhnlich aus wetterbeständigen Backsteinen, sowie aus Trass- oder Cementmörtel. Gutes, mit Klinkern verblendetes Ziegelmauerwerk verdient in Rücksicht auf leicht eintretende Bewegungen (Setzen, Ausweichen) des Mauerwerks sogar den Vorzug vor einem ganz aus Quadern gebildeten Mauerwerk; in Schleswig sind kleine Siele auch ganz aus Beton geformt worden.

Auf Taf. XLI, Fig. 4 bis 6 ist ein Sommerdeich-Siel von der Unterelbe dargestellt, dessen Verschluss im unteren Theile durch Stemmthore, dagegen im oberen Theile durch Schützen erfolgt, welche behufs Einlassens des Hochwassers rechtzeitig gezogen werden, falls die Ueberströmung des Sommerdeichs zu befürchten ist. Dieses massive Siel ist mit einer Balkendecke überdeckt, die wegen ihrer geringen Dauer nur ausnahmsweise Berechtigung hat.

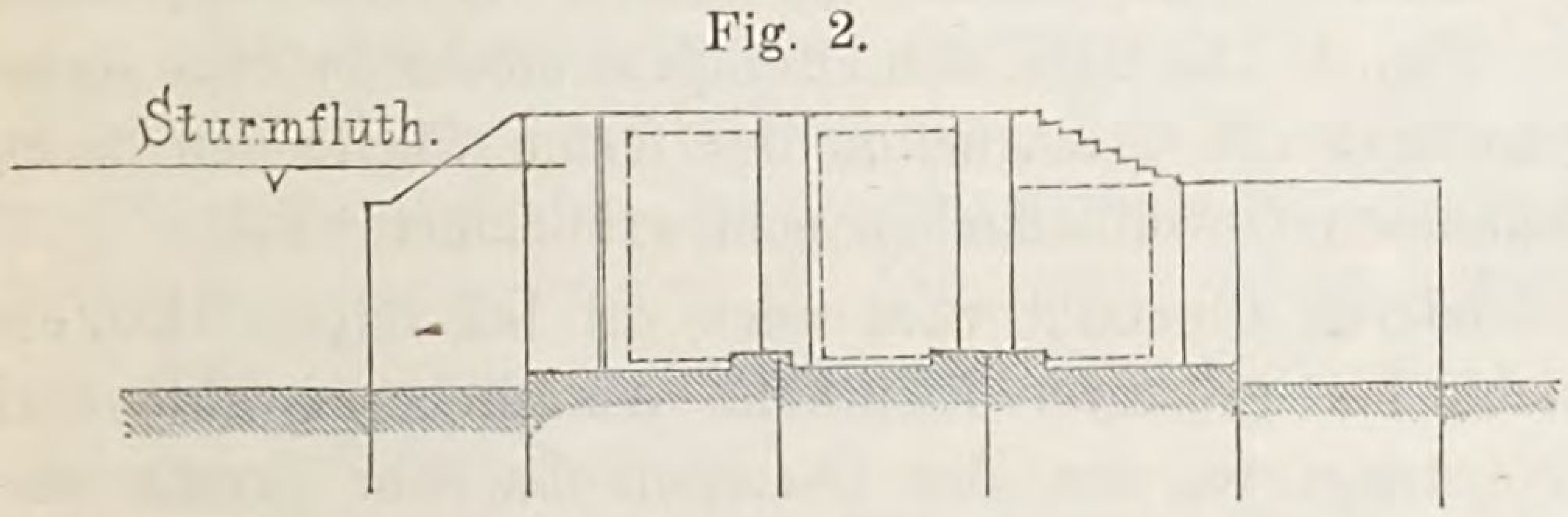
Das Siel auf Taf. XLI, Fig. 7 bis 10 befindet sich in der Verwallung eines Binnentiefes (Kajedeich), und ist durch die beiderseitigen Bermen geführt, so dass die Vorsiele mit den Böschungen der beiden Wasserzüge bündig liegen; die unterbrochene Längenverbindung des Bodens ist durch starke eiserne Bolzen thunlichst wieder hergestellt worden.

§ 7. Massive offene Deichschleusen. In Flussdeichen ist nur ein Thorpaar vorhanden, vergl. Taf. XLI, Fig. 14 bis 16[13]), welches bis zur Deichkappe reicht und sich auch zuweilen oben gegen Schlagschwellen legt[14]); die Mauern schliessen sich dem — allerdings verbreiterten — Deichkörper an.

Der Boden ist in dem obigen Beispiele nach der in den östlichen Provinzen Preussens üblichen, der holländischen Construction nachstehenden Weise erbaut, indem die Grundbalken nur durch einen einfachen Bohlenbelag überdeckt sind, welcher eine vollständige Wasserdichtigkeit auf die Dauer nicht zu gewähren vermag; dagegen ist eine übermässig grosse Zahl von Spundwänden angeordnet, deren Holme oder Fachbäume nicht weiter überdeckt, sondern bündig mit dem Belage sind; der im Drempel zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken eingezogene Binder reicht durch die Thorkammer.

In Seedeichen, vergl. Taf. XLII, Fig. 19 bis 21 (holländisches Statensiel), Taf. LVI, Fig. 4 bis 6 (Binnentheil der Emdener Schutzschleuse[15]), Taf. LI, Fig. 2 (Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Canals), liegen die bis etwa $0^{m},5$ unter Deichkappe reichenden Sturmthore am äusseren Ende; weiter nach binnen befinden sich die für den täglichen Gebrauch bestimmten Fluththore, welche in Holland gewöhnlich auf 1 bis $1,5^{m}$ über ordinaire Fluth geführt werden, dagegen an der deutschen Küste im Interesse grösserer Sicherheit häufig gleiche Höhe mit den Sturmthoren erhalten. Im Binnenvorsiele sind die Binnen- oder Ebbethore angeordnet, deren Drempelspitze nach dem Binnenwasser gerichtet ist und deren Höhe durch Rücksichten der Spülung bezw. des höchsten zu stauenden Binnenwassers bestimmt wird; in Holland liegen sie auch zuweilen zwischen den Sturm- und Fluththoren. Die Länge des Bauwerks ergiebt sich aus dem für die drei Thorpaare und die Dammfalze erforderlichen Raume; die Höhe der Mauern wird durch die Höhe der Thore bestimmt, welche sie etwa $0^{m},5$ überragen, so dass der äussere Theil in Höhe der Deichkappe, der mittlere mit den Fluththoren in gleicher Höhe oder etwa 1,5 bis 2^{m} über ordinärer Fluth, das Binnensiel $0^{m},5$ über ordinärer Fluth liegt; im Interesse des bequemeren Verkehrs auf den Mauern und der Aufstellung der Winden werden jedoch auch Abänderungen vorgenommen, vergl. den vorstehend skizzirten Längenschnitt der Emdener Schutzschleuse.

Fig. 2.



§ 8. Thore. Die Thore sind bei kleineren Sielen als Bohlenthore, bei den grösseren Sielen als Riegelthore zu construiren. Die Bohlenthore, vergl. Taf. XL, Fig. 7 und 17 und Taf. XLI, Fig. 11, bestehen aus verticalen, 36 bis

[13]) Zeitschr. f. Bauw. 1862. Bl. 52.

[14]) Vergl. Bl. 17 der Bauernfeind'schen Vorlagebl. f. d. Wasserbau.

[15]) Vergl. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1858 und Oldersumer Deichschleuse, daselbst 1873.

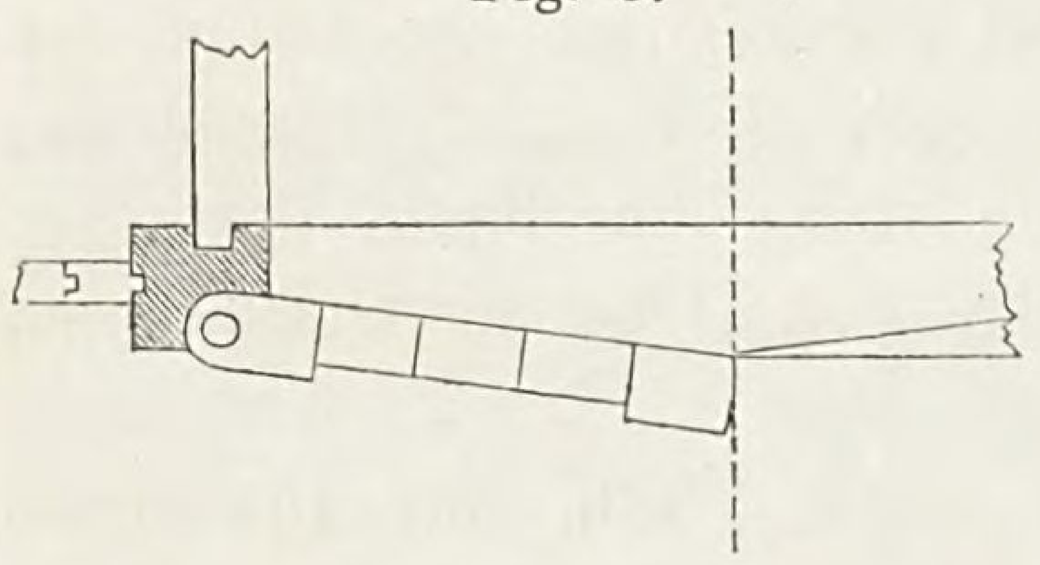
44^{cm} breiten, 5 bis 15^{cm} starken Bohlen, welche durch Verzahnung gegen Versacken geschützt und durch Leisten (Klaspen), eingelassene eiserne starke Bügel und Schraubbolzen zu einer festen Tafel verbunden sind; die als Wendesäule dienende Bohle, der sogen. Harrelpfosten, wird 3 bis 5^{cm} stärker als die übrigen gemacht, um den oberen und unteren Zapfen oder an Stelle des letzteren besser eine als Schuh ausgebildete Pfanne aufzunehmen; das obere Halsband ist gewöhnlich nur als einfacher Bügel, dessen Enden durch den oberen Schlagbalken reichen, hergestellt. Auch die als Schlagsäule dienende Bohle erhält oft grössere Stärke. Solche Bohlenthore bedürfen stets eines oberen Anschlags, da sie beim Fehlen horizontaler Riegel den Wasserdruck nur auf die Anschlagsflächen, also nicht durch Stemmung auf die Wendenischen übertragen sollen. Die Stärke ergiebt sich aus der Gleichung

$$h \,.\, 0{,}1 \,.\, \frac{l^2}{8} = \frac{1}{6}\, d^2 \,.\, K, \qquad \text{in welcher}$$

h = wirksamer Wasserdruck in Metern,
$0{,}1$ = Druck einer Wassersäule von 1^m Höhe pro $\square^{cm}$,
l = Lichthöhe des Siels in Centimeter,
d = Thorstärke in Centimeter,
K = Bruchcoefficient, welcher in Rücksicht darauf, dass die Klaspen einen Theil des Druckes mittelst Stemmung auf die Seitenwände übertragen, $= 90^k$ pro $\square^{cm}$ gewählt werden kann.

Da solche Bohlenthore eigentlich nicht stemmen sollen, so ist es zur Erzielung eines wasserdichten Schlusses zwischen den beiden Berührungsflächen der Thorflügel nur nothwendig, entweder die Drehachse hinter die in derselben Verticalebene liegenden beiden Thorflächen zu verlegen, — was jedoch schwierig auszuführen sein würde, — oder aber den Drehpunkt (wie bei den Schleusenthoren) etwa 1^{cm} excentrisch zur Mittelachse der Wendenische zu legen und die Thore unter einem so stumpfen Winkel sich berühren zu lassen, dass die Spitze der beiden Anschlagsflächen (des Drempeldreiecks) noch oberhalb der Drehachse liegt. Letzteres geschieht stets und wird der Drehpunkt gewöhnlich so weit zurückgelegt, dass der untere Zapfen oder die Pfanne in diesem Balken, welcher zur Erzielung des Anschlages etwa 20^{cm} tief schräg abgearbeitet wird, sicher eingelassen werden kann, siehe Fig. 3. Die Höhe des Drempeldreiecks beträgt dann nur etwa $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ der Weite, so dass die Construction der festen Theile des Siels, namentlich der schräg abzuarbeitenden Gewölbeflächen sehr erleichtert wird.

Fig. 3.



In Rücksicht auf diesen letzteren Umstand wird auch oft bei Riegelthoren mit oberem Anschlage, welche bei grösserer Lichthöhe des Siels gewählt und nach Art der Schleusenthore construirt werden, die Drempelhöhe sehr gering angenommen; dies ist jedoch fehlerhaft. Thore mit horizontalen Riegeln und einem oberen Anschlage bilden zwar eine statisch unbestimmte Construction, da der obere Anschlag die Schlagsäule unterstützt und einen Theil des Wasserdrucks aufnimmt; die horizontalen Riegel sind jedoch ebenso wie bei den gewöhnlichen Schleusenthoren (ohne oberen Anschlag) die zur Aufnahme des Wasserdrucks mittelst Stemmung bestimmten Constructionstheile. Es kann ein solches Thor statisch nur in derselben Weise wie ein Schleusenthor berechnet werden, indem der obere und untere Anschlag unberücksichtigt gelassen werden und der günstige Einfluss derselben da-

durch in die Rechnung eingeführt wird, dass der Bruchcoefficient grösser, etwa 90^k pro $\square^{cm}$, angenommen wird. Daraus folgt, dass die Höhe des Drempeldreiecks auch hier thunlichst wie bei Schleusenthoren = $^1/_6$ und jedenfalls nicht kleiner als $^1/_{10}$ gewählt werden sollte, um zu grosse Riegelstärken und zu grosse auf die Wendenischen übertragene Stemmkräfte zu vermeiden. Ausser diesen letzteren Nachtheilen entsteht bei sehr geringen Drempelhöhen von $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ der Weite leicht die folgende, bisher unbeachtet gebliebene Gefahr: werden Zapfen und Pfannen im Laufe der Zeit ausgeschliffen und legen sich die Wendesäulen bei geschlossenen Thoren nicht scharf mit ihren Rücken in die Wendenischen, so werden die Thore durch das Stemmen etwas in die Wendenischen zurückgedrängt. Alsdann erfahren die Schlagsäulen, welche den halben Wasserdruck zunächst von den Riegeln aufnehmen, eine Inanspruchnahme auf Biegung und können sogar gebrochen werden. Ist das Drempelverhältniss = $\frac{1}{n}$, die Breite der Berührungsflächen zwischen den Thorflügeln = c (20 bis 30^{cm}), so wird die Stemmung ganz aufhören, falls beide Thore zusammen etwa $\frac{2c}{n}$ aus ihrer ursprünglichen Lage zurückgedrängt worden sind; dieses für die Schlagsäulen so höchst gefährliche gänzliche Aufhören der Stemmung tritt demnach um so leichter ein, je kleiner $\frac{1}{n}$ gewählt ist; aber selbst ein Zurückdrängen der Thore um $\frac{c}{n}$, wobei die Schlagsäulen sich in der Mitte um $\frac{c}{2}$ durchzubiegen vermögen, wird in der Regel den Bruch der Schlagsäulen schon herbeiführen[16]). Man hat daher auch wohl bei Riegelthoren mit oberem Anschlage ein Drempeldreieck = $^1/_6$ gewählt und zur Vermeidung der Schwierigkeiten, welche bei der Bildung des oberen Anschlagsdreiecks bei Gewölben entstehen, einen hölzernen oberen Drempel[17]) aus Mittelbalken, zwei Schlagschwellen und Binder bestehend vor der normal zur Längenachse abgeschnittenen Stirnfläche des Gewölbes befestigt. Wegen der Vergänglichkeit dieser Construction ist es jedoch vorzuziehen, die Drempelhöhe $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ anzunehmen, das obere Anschlagsdreieck auf einem horizontalen Streifen wie bei Taf. XLI, Fig. 5 zu beschränken und aus einzelnen grösseren ausgekragten dauerhaften Quadern bestehen zu lassen. Bei hölzernen Sielen von grösserer Höhe ist dagegen die Construction des oberen Anschlagsdreiecks von $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ Höhe aus mehreren Hölzern durchaus zweckmässig.

Riegelthore ohne oberen Anschlag erhalten gleich den Schleusenthoren durchschnittlich $^1/_6$ Drempelhöhe.

Bei den Seedeichsielen müssen die Fluth- und Sturmthore mit kleinen Schützen oder Klappen zur Vertheilung des Wasserdruckes, die Ebbethore mit Spülschützen versehen werden; die Fluththore erhalten auch wohl grosse Verticalschütze zum Einlassen des Aussenwassers. Wo solche fehlen, müssen die Thorflügel bei günstigen (östlichen) Winden aufgesperrt werden, wobei jedoch eine sehr heftige Durchströmung des Bauwerkes erfolgt.

Ferner müssen diejenigen Thore, welche durch das Wasser selbständig geschlossen werden, durch Aufhalter so weit von der Wand abgehalten werden, dass sie von der in das Siel eintretenden Strömung gefasst werden. Solche Aufhalter sind für kleinere hölzerne Siele, wie Taf. XLI, Fig. 12, bei grösseren Sielen, wie Taf. XLI, Fig. 22 construirt und auf Taf. XL, Fig. 12 erkennbar; sie werden zur Zeit der Spülung oder in nasser Jahreszeit zurückgedreht, um die Thore ganz aufzusperren,

16) Ein solcher Fall ereignete sich bei $^1/_{16}$ Drempelhöhe vor einigen Jahren an der Unter-Ems.

17) Siehe Notizbl. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. III. 1854. Bl. 82.

also die Profileinschränkung zu beseitigen, welche für gewöhnliche Zeiten ohne Nachtheile ist. Die Thore der offenen Deichschleusen müssen jedoch von dem Wärter geschlossen werden, um Verbiegungen derselben bei gleichzeitigem Zugange der beiden Thorflügel zu verhüten.

Aber auch bei bedeckten Sielen können solche Verbiegungen eintreten, falls etwa fremde Körper vor den unteren Anschlag gerathen sind, so dass alle wichtigen Siele einer sorgsamen Beaufsichtigung durch einen am besten in der nächsten Nähe des Bauwerks wohnenden Wärter, welcher im Winter das Aufeisen besorgt, bedürfen.

§ 9. Ausführung. Bei der Erbauung eines neuen Siels soll gewöhnlich ein Ersatz für das alte abgängige Bauwerk geschaffen werden; dasselbe wird dann am zweckmässigsten neben dem letzteren ausgeführt, so dass die vorhandenen Sieltiefe thunlichst benutzt werden und die Entwässerung der Marsch während der Bauzeit keine Störung erfährt. Je nach der Lage des Deiches, der Sieltiefe und der durch Bohrungen sorgfältig zu ermittelnden Bodenbeschaffenheit kann das neue Siel

1. so weit nach binnen verlegt werden, dass der Deich während der Bauzeit ganz oder grösstentheils unberührt bleibt und erst nach Vollendung desselben zurückgelegt wird,
2. in der alten Deichlinie oder nur wenig hinter derselben erbaut werden, s. Taf. XLI, Fig. 21, so dass der Deich fortzunehmen und ein Kaje-Deich zum Schutze der Marsch zu schütten ist.

Letzteres ist der gewöhnliche Fall; der Kajedeich erhält dann nur diejenige Stärke, welche für das während der Bauzeit zu erwartende Hochwasser (bezw. Sturmfluth) nothwendig erscheint, und ist durch Strohbestickung oder Faschinenbespreutung an der Aussenböschung zu sichern; es ist deshalb dringend erwünscht, Sielbauten in der Zeit vom 1. April bis 1. October zu vollenden.

In jedem Stadium des Baues muss die Marsch in durchaus genügender Weise gegen unerwartet eintretende Hochgewässer geschützt sein; höchst gefährlich kann ein Abrutschen des Deichkörpers werden, falls das Aussentief oder die Baugrube demselben zu nahe liegt und die unteren weichen Schichten in der vorgerückten nassen Jahreszeit eine flachere Böschung annehmen. Für das neue Bauwerk ist es stets vorzuziehen, dasselbe in der von dem Deichkörper bereits stark comprimirten alten Deichlinie zu erbauen, indem dann das starke, für das Siel so gefährliche Versinken des Deichs verhütet wird. Hölzerne Siele lassen sich auch in der Weise in der günstigsten Jahreszeit ausführen, dass ohne Schutz eines besonderen Kajedeichs zunächst die innere und dann die äussere Hälfte des Sieles unter dem alten Deiche erbaut wird, von welchem zuerst die äussere Hälfte bestehen bleibt und erst abgegraben wird, nachdem der Deich über den inzwischen vollendeten inneren Bau geschüttet ist. (Vergl. Buchholz. Hölzerne Abwässerungsschleusen, Taf. IV und V). Bei neuen Einpolderungen ist die Baustelle der Siele ringsum von einem Kajedeiche zu umgeben.

Die Siele bilden einen Theil der Abwässerungseinrichtungen eines Abwässerungsverbandes (Sielverbandes, Sielacht) und werden daher, ebenso wie die Sieltiefe, Zuggräben u. s. w. von den Besitzern der betheiligten Grundstücke erbaut, unterhalten und einer regelmässigen Schauung auf Grund der Deich- und Sielordnung in derselben Weise unterworfen, wie dies bei den Deichen geschieht. Vergl. XI. Cap., § 26.

XIV. Capitel.

Die Eigenschaften des Meeres mit Rücksicht auf Ufer, Häfen und Schiffahrt.

Bearbeitet von

L. Franzius,

Oberbaudirector in Bremen.

(Hierzu Tafel XLIII bis XLVI und 17 Holzschnitte.)

§ 1. Einleitung. Unter „Meer" versteht man in der Regel diejenige zusammenhängende Wasserfläche, welche die Erdkugel zum grössten Theile bedeckt, und nur den kleineren Theil als trockenes Land darüber hervorragen lässt. Das Verhältniss beider Flächen, deren Grenzen in den Polargegenden noch zum grossen Theile unbekannt sind, wird wie 73 zu 27 geschätzt. Die gebräuchlichste Eintheilung dieser grossen Wasserfläche ist die der fünf Oceane: des arktischen, antarktischen, atlantischen, indischen und grossen Oceans, welcher letztere jedoch ebenso oft das stille Meer oder namentlich bei den Seeleuten die Südsee genannt wird.

Von all diesen Oceanen zweigen sich kleinere Meere ab, bald nur als in das Festland einspringende Busen, bald als fast ganz umschlossene Wasserbecken, welche mit den Hauptmeeren nur durch enge Strassen in Verbindung stehen. Zu den ersteren würde die Nordsee, zu den letzteren die Ostsee, das Mittelmeer und das schwarze Meer zu rechnen sein. Solche werden zwar alle dem „Meere" nach obiger Definition zugezählt, obgleich manche sowohl in geographischer als physikalischer Beziehung den Uebergang zu den reinen Binnengewässern bilden.

Während nun die völlig vom Festlande umschlossenen Seen, wie z. B. das kaspische Meer und die grossen amerikanischen Seen, demnach als Theile des Festlandes angesehen werden, besitzen sie doch gerade mit Bezug auf die Bauwissenschaft auch solche Eigenschaften, dass sie in vielen Fällen als Meer gelten können und daher auch im Folgenden, soweit diese Eigenschaften zutreffen, stillschweigend mit in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden mögen. Endlich sollen mit dazu gerechnet und im folgenden Capitel speciell besprochen werden die unteren Theile derjenigen Flüsse, welche von der Ebbe und Fluth in erheblichem Maasse beeinflusst werden.

Hinsichtlich der Maassbestimmungen möge hier die Bemerkung Platz finden, dass zwar in allen folgenden Capiteln und deren Abschnitten im Allgemeinen das metrische Maassystem angewandt ist, dass jedoch dem seemännischen Gebrauch zufolge für alle besonders die Nautik betreffenden Maassangaben die Seemeile mit ihren Unterabtheilungen beibehalten worden ist. Die Seemeile stellt bekanntlich die Länge einer Bogenminute eines grössten Kreises der Erdoberfläche dar, so dass 60 Seemeilen = 1 Grad des Aequators sind. Eine Seemeile hat ferner 10 Kabellängen = rund 1000 Faden = 1852 Meter. Die Fadenrechnung ist allerdings nicht genau, indem z. B. 1 Faden sowohl 6 Fuss engl. = $1^m,828$, als auch 6 Fuss preuss. = $1^m,883$ bezeichnet. Der Seefahrer rechnet ferner geographische Längen nach dem Meridian von Greenwich bei London. Geschwindigkeiten z. B. von Strömungen und namentlich stets von Schiffen werden durch die Knotenzahl der Log-Leine ausgedrückt, d. h. die betr. Geschwindigkeit beträgt in 1 Stunde so viel Seemeilen, als in $^1/_2$ Minute sich Knoten der Log-Leine abwickeln, wenn nämlich (wie in der Regel) die einzelnen Knoten um $\frac{1}{120}$ Seemeilen von einander entfernt sind. Man sagt also z. B. „das Schiff läuft 12 Knoten" d. h. 12 Seemeilen in einer Stunde.

§ 2. Wichtigste Eigenschaften des Meeres. Die Eigenschaften des Meeres sind von unendlicher Mannigfaltigkeit und daher von sehr verschiedener Bedeutung je nach ihrer Beziehung zu den menschlichen Thätigkeiten und Berufszweigen. Wohl nur wenige derselben, soweit sie überall selbst von Bedeutung sind, bleiben ganz einer Berührung mit dem Meere fremd.

Während die naturwissenschaftliche Betrachtung des Meeres sich hauptsächlich auf die Ausdehnung, Tiefe, Beschaffenheit des Wassers, die daraus resultirenden Einflüsse auf geologische Bildungen, deren Wechselbeziehungen zum thierischen und pflanzlichen Leben im Meere selbst, und in nicht minderem Grade auch auf die Beziehungen des Meeres zum Festlande und die Atmosphäre, also auf das Klima und das gesammte Leben des Festlandes, erstreckt, hat sich die bauwissenschaftliche Betrachtung nur auf einen engeren Kreis dieser Erscheinungen, namentlich auf die im Meere entstehenden Bewegungen und auf gewisse gegenseitige Wirkungen des Meeres, des Festlandes und der Atmosphäre zu beschränken. Dabei sollen dieselben, dem Zweck der folgenden Capitel entsprechend, hier vorzugsweise nur mit Rücksicht auf die Erhaltung der Ufer, die Anlegung von Häfen und die Ausübung der Schiffahrt in der Nähe der letzteren besprochen werden.

§ 3. Die im Meere vorkommenden Bewegungen und die Winde. Von den im Meere vorkommenden Bewegungen verdienen nun in letztgenannter Hinsicht nur die Wellenbewegung, die Ebbe und Fluth und die Strömungen eine eingehendere Untersuchung, wogegen ausserordentliche Bewegungen, z. B. in Folge von Erdbeben oder von plötzlichen Aenderungen des Luftdrucks entstandene u. s. w. nur eine beiläufige Erwähnung beanspruchen können.

Alle jene drei Bewegungsarten haben für die Ufer, den Hafenbau und die Schiffahrt eine ganz besondere Bedeutung. Sie treten bald einzeln, bald zusammen, hier mit gleichartiger, dort mit entgegengesetzter Wirkung auf. Im Allgemeinen wurde diesen Bewegungen, so lange sie weniger genau erkannt waren, eine feindliche, zerstörende oder hindernde Thätigkeit zugeschrieben, wogegen ihnen jetzt bei näherer Bekanntschaft schon ein vorwiegend wohlthätiger Einfluss auf die menschlichen Verhältnisse zugestanden wird.

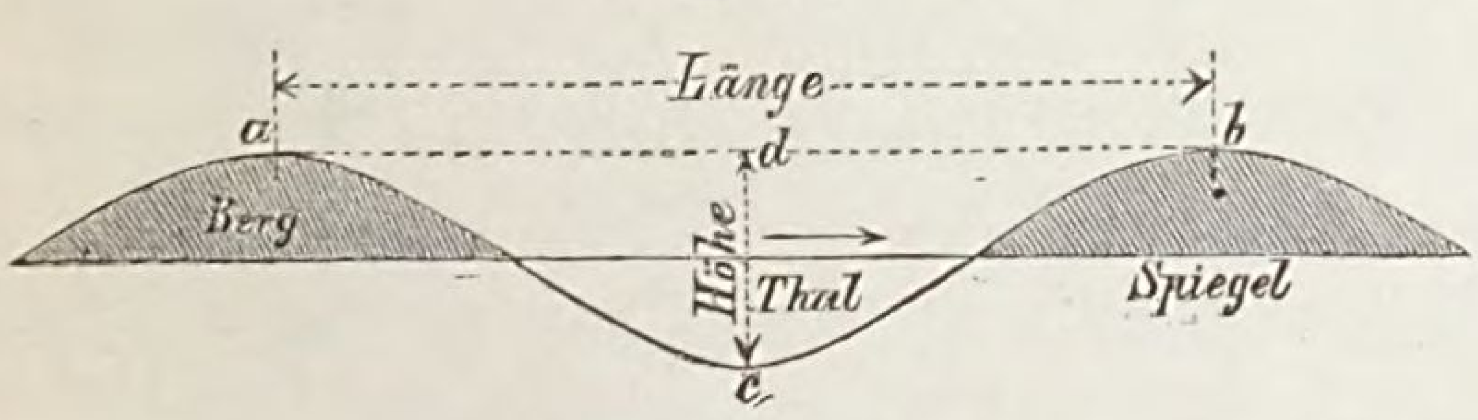
Denn wenn auch in der Regel der heftige Wellenschlag die natürlichen oder künstlichen Ufer zernagt oder zertrümmert, so dient anderseits eine mässige Wellenbewegung am sandigen Strande dazu, neue Sandmassen heranzuführen und die beim Sturm daselbst abgetriebenen und von den Dünen verwehten Sandmassen wieder zu ersetzen. In ähnlicher Weise helfen Ebbe und Fluth, sowie mässige Strömungen an geschützten Stellen neues und sehr werthvolles Land zu bilden, wenngleich durch Sturmfluthen und ungünstige Strömungen grosse Landflächen zeitweilig verheert und sogar dauernd vom Meere verschlungen werden können. Die Schiffahrt endlich wird bei genauer Kenntniss der Ebbe- und Fluth-Verhältnisse, sowie der Strömungen im Ganzen von diesen mit besonderer Regelmässigkeit auftretenden Bewegungen bei Weitem mehr gefördert als gehemmt, und für manche Häfenplätze bilden dieselben die wichtigste Bedingung der Existenz.

Im Folgenden sollen die drei Bewegungsarten, soweit es thunlich getrennt von einander, sowohl in ihren Ursachen als auch in ihren Wirkungen betrachtet werden.

§. 4. Entstehung der Wellen. Während bekanntlich das ganz unbewegte Wasser eine horizontale d. h. der Krümmung und der Anziehung der Erde entsprechende Oberfläche annimmt (vergl. § 21. Meeresspiegel), erleidet jedes bewegte Wasser eine Aenderung dieser Form. Das dauernd nach einer Richtung hinfliessende bedarf zuvor einer gewissen Neigung, das in drehende Bewegung versetzte erhält eine der Geschwindigkeit entsprechende Trichterform u. s. w. Wird dagegen auf die ruhige Oberfläche ein Stoss in irgend welcher Richtung ausgeübt, so wird das bisher bestandene Gleichgewicht zerstört, es erfolgt an einer Stelle eine Hebung und daneben eine entsprechende Senkung. Beides zusammengenommen heisst eine Welle.

Die üblichen Bezeichnungen der einfachen Wellen sind mit Bezug auf nebenstehende Figur: Wellenberg und Wellenthal d. h. die Erhebung bezw. Senkung über und unter dem Spiegel; Vorder- und Rückseite d. h. die durch die Linien *ac* und *cb* angedeuteten Flächen unter Annahme der Bewegungsrichtung von links nach rechts; oberer Scheitel *a*; unterer Scheitel (zuweilen auch Fuss) *c*; Höhe d. h. der senkrechte Abstand *dc* zwischen den beiden Scheiteln; Länge d. h. der horizontale Abstand *ab* zweier benachbarten oberen oder unteren Scheitel; Breite d. h. Ausdehnung der Welle senkrecht zu deren Bewegungsrichtung.

Fig. 1.



Die einfachste Entstehungsweise und regelmässigste Erscheinung der Wellen bietet sich nach einem senkrechten Stoss auf die Oberfläche (z. B. dem Fall eines Steines u. s. w.), wobei entsprechend der Gesammtwirkung dieses Stosses und der gleichmässigen Vertheilung des Druckes im Wasser von dem Stossmittelpunkte aus zunächst eine centrische Ringwelle sich bildet, sofort aber und bei kleinen stossenden Körpern ohne messbaren Zeitverlust in Folge dieser ersten Welle die zweite u. s. w. concentrische Welle entsteht, bis die dem grösseren Umfange entsprechend geringeren Höhenschwankungen nach und nach so klein werden, dass sie sich dem Auge entziehen. — Complicirter wird die Erscheinung bei der gewöhnlichsten Ursache der Wellen durch den Wind. Zweifellos wird nach völliger Ruhe durch eintretenden Wind die Oberfläche des Wassers in Folge der Reibung mit der Luft horizontal zu verschieben gesucht. Dies kann jedoch nur in dem Maasse geschehen, dass ent-

sprechend der Windstärke das Wasser sich an einzelnen Stellen vertieft, an anderen ebenso erhebt. Diese kaum entstandenen Unebenheiten bieten sofort dem horizontal gedachten Winde ausser der Reibung auch die Möglichkeit eines horizontalen Druckes, wodurch offenbar eine Wechselwirkung hervorgerufen wird, zugleich aber auch ein einseitiges Fortschreiten der Wellen in der Richtung des Windes erfolgt. Es ist ausserdem zu beachten, dass der Wind sich nie ganz gleichmässig stark und horizontal, sondern ungleichmässig und in Wirbeln bewegt, wodurch schon von Anfang an eine ungleichmässige Einwirkung auf die Oberfläche des Wassers stattfindet. Die dabei anfangs etwa entstandenen gegen die Richtung des Windes laufenden Wellen werden sehr bald von den mit der Richtung laufenden aufgehoben. Die Grösse der Erhebungen und die Geschwindigkeit des Fortschreitens stehen unzweifelhaft in einem bestimmten Verhältniss zur Stärke des Windes.

Im Gegensatz zu dem Fortlaufen der Wellen muss vor allen Dingen beachtet werden, dass, abgesehen von einer örtlich zwar unendlich geringen, jedoch für grosse Flächen allmählich sehr merkbaren Fortschiebung der Oberfläche (Driftströmung s. § 17), sowie von dem Ueberstürzen der oberen Wellentheile bei sehr heftigem Winde, vom Auflaufen der Wellen auf geneigtem Boden, von etwa schon vorhandener Strömung u. s. w., das Wasser im Ganzen mit der Welle keine Fortbewegung annimmt, sondern dass die Wellenbewegung nur in einer rotirenden Schwingung der einzelnen Wassertheilchen von der Oberfläche ab bis zu einer gewissen, hauptsächlich durch die Bewegungsursache bedingten Tiefe besteht. Es ist dies durch Beobachtung schwimmender Körper leicht zu constatiren, indem diese ausser der periodischen Hebung und Senkung nur hin- und zurückschwanken.

Sowie nun bei wachsendem Winde die Vergrösserung der Wellen vorzüglich nach ihrer Längenausdehnung in der Richtung des Windes stattfindet, indem der Wind den oberen Theil der Welle, den sog. Scheitel, verhältnissmässig mehr niederdrückt als aufs Neue erhebt, so dauert in Folge der einmal erzeugten lebendigen Kraft die Wellenschwingung noch längere Zeit nach dem Aufhören des Windes fort. Kurz nach einem starken Sturme ist sogar die Höhe der im Scheitel nicht mehr so sehr gedrückten Wellen grösser als während desselben, wogegen die Wellenlänge wieder abnimmt. Es wird diese Erscheinung die „hohle See“ genannt.

§ 5. Form, Tiefe, Geschwindigkeit der Wellen. Es ist schon angedeutet, dass die Form der Wellen keineswegs eine gleiche bleibt. Ausser der Stärke und Wirkungsweise des Windes, ob zunehmend oder abnehmend, gleichmässig oder stossweise, üben wesentlich auch die Tiefe des Gewässers und die Gestaltung des Grundes Einfluss auf die Verschiedenheit der Formen. Bei sehr grosser Tiefe des Wassers, gleichmässigem, dabei nicht sehr heftigem Winde und völlig ungehinderter Bewegung erscheinen die Wellenhälften zu beiden Seiten der Scheitel ganz symmetrisch. Je beschränkter und weniger tief das Gewässer ist, desto mehr wächst die Höhe im Verhältniss zur horizontalen Ausdehnung nach Länge und Breite. Vorzugsweise wird die Länge verringert durch das Auflaufen der Welle gegen ansteigenden Grund oder gegen heftige Strömung, in welchen Fällen der vordere Abhang so steil wird, dass ein Ueberschlagen des oberen Theiles der Welle stattfindet.

Endlich besitzt augenscheinlich die Entfernung der Wellen von dem windwärts oder dem Winde entgegen liegenden Ufer einen Einfluss auf die Wellenhöhe, weil nicht nur dieses Ufer in einer gewissen Entfernung direkt vor der Wirkung des Windes schützt, sondern weil auch bei voller und gleicher Stärke des Windes die in

dessen Richtung nach einander zu zählenden Wellen sämmtlich gewissermassen eine Acceleration erfahren.

In Uebereinstimmung hiermit ist von Th. Stevenson[1]) die Regel aufgestellt, dass die Höhe der Wellen proportional der Quadratwurzel der Entfernung von der windwärts liegenden Küste sei. Um danach die absolute Höhe der Wellen zu finden, sind für jede Windstärke gewisse Coefficienten durch Beobachtung gefunden. Es würde also die Höhe $h = a\sqrt{d}$ sein, wo d in Seemeilen auszudrücken und a der Coefficient, z. B. für Sturm und engl. Maass = *1,5*, ist. Also bei $d = 64$ wird $h = 12$ engl. Fuss.

Auf offener See und namentlich bei einem Sturme sind sowohl Höhe als Länge schwer genau zu messen, wesshalb in den meisten Angaben sehr wenig Uebereinstimmung herrscht. Es kann jedoch als erwiesen gelten, dass an den tiefsten und weitesten Stellen der grossen Oceane die grössten Wellen eine Höhe von 12^m und eine 20 bis 30fache Länge erreichen, wogegen in der Nord- und Ostsee die grössten Wellen nur etwa $4^m,5$ Höhe bei einer 10 bis 12fachen Länge besitzen. Die Breiten bleiben in der Regel in demselben Verhältnisse wie die Längen zu den Höhen.

Die grösste Schwierigkeit macht die Beobachtung der Tiefe, bis zu welcher die Wellenbewegung hinabreicht. Es sind hierüber vielfach irrige Vorstellungen verbreitet, welche zum Theil auf Angaben von Tauchern beruhen, dass selbst bei mässigem Wellenschlage schon in 10^m Tiefe keine Bewegung mehr zu spüren sei. Dem steht aber die Thatsache entgegen, dass bei starkem Seegange (hoher See der Schiffer) und einer Erhöhung des Grundes bei mehr als 300^m Tiefe die Form der Wellen sich verändert, was offenbar darauf schliessen lässt, dass noch in dieser Tiefe die Wassertheilchen in schwingender Bewegung sein müssen. Auch bemerkt man z. B. in der etwa 120 bis 150^m tiefen Nord- und Ostsee bei starkem Seegange Trübungen des sonst klaren Wassers, welche von einem zeitweiligen Aufwühlen des Grundes herrühren. Bei mässigem Wellenschlage werden dagegen auch über höherem Boden keine derartigen Aenderungen bemerkt.

Aus diesen und vielen anderen Beobachtungen kann gefolgert werden, dass die Wellenbewegung sich nicht immer bis auf den Grund des Meeres erstreckt, sondern dass sich die Schwingungen von der Oberfläche an abnehmend bis zu einer diesen grössten Schwingungen entsprechenden Tiefe fortpflanzen. Nach Versuchen der Gebrüder Weber[2]) soll die grösste Tiefe der Bewegung das 350fache der Wellenhöhe betragen. Hiernach würde bei den höchsten Wellen von 12^m Höhe die Schwingung sich erst in 4200^m Tiefe verlieren.

Ueber die Geschwindigkeit der Wellen in ihrem Fortschreiten sei hier zunächst nur erwähnt, dass sie kleiner als die des erzeugenden Windes, ferner von der Höhe und Länge der Wellen in grösserem Maasse abhängig ist und dass im Allgemeinen die grösseren Wellen eine grössere Geschwindigkeit besitzen. Aus diesem Grunde werden bei in gleicher Richtung laufenden Wellen die kleineren von den grösseren überholt.

Bei sehr grossen Wellen sind Geschwindigkeiten von etwa 16^m pro Secunde oder 50 bis 60^{Km} in der Stunde beobachtet. An der Küste von Yorkshire will man sogar durch Beobachtungen vom Lande aus eine Geschwindigkeit von 60 Seemeilen (oder etwa 110^{Km}) in der Stunde gefunden haben.[3])

§ 6. Kreuzung und Durchdringung der Wellen. Eine besonders wichtige und interessante Eigenschaft der Wellen ist die, dass sie sich unter beliebigen Rich-

[1]) Th. Stevenson. The design and construction of harbours. Cap. III.

[2]) Wellenlehre auf Experimente begründet, von den Brüdern E. H. und W. Weber. Leipzig 1823.

[3]) v. Seebach. Wellen des Meeres in der Virchow-Holtzendorff'schen Sammlung.

tungen kreuzen können ohne sich zu vernichten, dass im Gegentheil die sich treffenden Wellenberge und Wellenthäler nahezu die Summe ihrer einzelnen Höhen erreichen. Nach Weber's Versuchen ist das Höhenverhältniss der einfachen Welle und der sich aus zwei gleichen Wellen zusammensetzenden Doppelwelle 1:1,79. Bei der Interferenz oder dem Zusammentreffen eines Wellenberges mit einem Wellenthale heben sich beide gegenseitig auf und es bleibt die betreffende Stelle in der Höhe des ruhigen Wasserspiegels. Aus dem Zusammentreffen der aus verschiedenen Richtungen kommenden Wellen entstehen die den Schiffen besonders gefährlichen Sturzseen. Nach rasch wechselnden Windrichtungen z. B. in Folge eines Wirbelsturmes, oder wenn in engen Meeren die Wellen von den Küsten zurückgeworfen werden, treffen sogar mehrfache Richtungen zusammen und bilden ein wildes Durcheinander von springenden Wellen mit jähen Thälern, oder die sog. kabbelige See.

Auf dem offenen Meere tritt selbst bei zahlreichen Wellenrichtungen in der Regel eine von besonderer Wichtigkeit und Geschwindigkeit hervor, welche in der Richtung des vorherrschenden Windes sich mit grosser Regelmässigkeit fortbewegt. Die Regelmässigkeit wird nämlich erst durch die längere Zeit fortgesetzte, ausgleichende Wirkung benachbarter Wellen gewonnen. Während dann bei einzelnen rasch folgenden Aenderungen der Windrichtung in den verschiedensten Richtungen kleinere Wellen entstehen, sich durchkreuzen und allmählich verschwinden, geht die grosse Wellenart, die sog. Dünung, ihren gleichen Gang und scheinbar unter den übrigen Wellen fort. Es könnte auffallend erscheinen, dass sich ein stärkerer Wind meistens durch die vorauseilende Dünung verräth, während doch die Geschwindigkeit der Wellen der des Windes, wie oben bemerkt, nachsteht. Es lässt sich dies jedoch dadurch erklären, dass der Wind sich in seiner Richtung auf grössere Entfernungen längst nicht mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzt, als er solche an einem Punkte wenn auch für längere Zeit besitzt, dass aber auf der anderen Seite die einmal erzeugte heftige Wellenbewegung sich auf grosse Entfernung mit nahezu gleichbleibender Geschwindigkeit fortpflanzt. Siehe hierüber § 18.

§ 7. Anlaufen der Wellen. Von noch grösserer Bedeutung als die vorhin besprochenen Erscheinungen der Wellen im offenen Wasser sind für die Bauwissenschaft diejenigen, welche zu Tage treten, wenn die Wellen in ihrer freien Bewegung durch feste Gegenstände gehemmt werden. Es mögen hierbei namentlich zwei praktisch wichtige Fälle unterschieden werden: das Vorhandensein einer senkrecht gegen die Wellenrichtung stehenden Wand und das einer schräg dagegen liegenden Wand oder eines ansteigenden Grundes.

Im ersteren Falle, wobei zur Vereinfachung der Anschauung die Wand völlig senkrecht und bis zu grosser Wassertiefe hinabreichend gedacht werden soll, wird jede die Wand berührende Welle, nach Abzug eines grösseren Theiles der durch Reibung vernichteten lebendigen Kraft, nahezu von dieser eine solche Gegenwirkung erfahren, als ob ihr eine Welle von gleicher Form und Geschwindigkeit entgegen liefe. Die ankommende und die ihr als entgegenlaufend gedachte Welle werden sich also dem Vorhingesagten entsprechend durchdringen. In Fig. 2, Taf. XLIII ist dies in fünf verschiedenen Erscheinungen *1* bis *5* dargestellt. In *1* kommt soeben der Wellenberg CDE vor der Wand MN an und es beginnt das Reflectiren in Form einer entgegengesetzt laufenden Welle $E_1 D_1 C_1$. In *2* ist bereits der Gipfel D vor der Wand angekommen und es hat sich mit der noch übrig bleibenden Berghälfte die erste Hälfte des entgegen laufenden Berges $E_1 D_1 C_1$ (oder die bereits vernichtete

Hälfte des angekommenen Berges) vereinigt. Dadurch entsteht ein Wellenberg CH von fast doppelter Höhe. In *3* erreicht eben das Wellenthal ABC die Wand, während der entgegen laufende Wellenberg $E_1 D_1 C_1$ über denselben hinweggeht, d. h. es erfolgt eine Interferenz oder die Welle verschwindet. In *4* trifft der untere Scheitel B des ankommenden Wellenthales mit dem des zurücklaufenden B_1 zusammen, woraus sich ein halbes Thal AS von der doppelten Tiefe bildet. In *5* endlich ist die ganze angekommene Welle $ABCDE$ von der Wand zurückgeworfen und in die umgekehrt laufende Welle $A_1 B_1 C_1 D_1 E_1$ verwandelt worden.

Es ist jedoch zu beachten, dass thatsächlich nicht diese einfachen Erscheinungen, sondern weit complicirtere stattfinden. Es wirken nämlich sämmtliche unmittelbar vor der Wand geschehenden Hebungen und Senkungen sofort auch auf die noch vor der Wand befindlichen, dieselben aber auch nicht berührenden Wellen zurück, oder die rücklaufend gedachten Wellen treffen nicht nur die erste Welle vor der Wand, sondern eine grössere Anzahl. Indem die Wellenlängen sich nahezu gleich bleiben, entstehen in einiger Entfernung vor der Wand grössere Hebungen und Senkungen, also verhältnissmässig sehr kurze und spitze Wellen, bis sich die Wirkung des Rückstosses allmählich verliert. Ist dabei die Wand in der Horizontalansicht nicht einfach gradlinig, sondern concav gebogen oder aus mehreren graden Linien zusammengesetzt, so werden an gewissen Punkten durch das Zusammentreffen mehrerer rückläufigen Wellen besonders hohe Wellenkreuzungen entstehen. Eine gewisse Aehnlichkeit dieser Erscheinungen bleibt noch, so lange die Wand einen bedeutenden Grad von Steilheit besitzt.

Ganz anders verhalten sich aber die Wellen, sobald die Wand sehr flach geneigt ist oder in einen allmählich ansteigenden Boden übergeht. In Fig. 6, Taf. XLIII ist für drei verschiedene Augenblicke die äussere Form dreier aufeinander folgenden Wellen durch die verschieden ausgezogenen und bezeichneten Linien ABC, $A_1 B_1 C_1$ und $A_2 B_2 C_2$ so dargestellt, dass die hintereinander folgenden Bilder der verschiedenen Wellen auch den der Zeit nach aufeinander folgenden Erscheinungen jeder einzelnen Welle entsprechen. Auch hier wird, wenn man zunächst von dem völligen Ueberschlagen der Welle oder dem Branden absieht, nur soviel von der lebendigen Kraft vernichtet, als die hier freilich viel bedeutendere Reibung consumirt. Die Wellentheile werden also zunächst dadurch, dass sie in ihrer Schwingung nach vorn gehindert werden, eine um so höhere Schwingung nach oben machen. Zugleich wird aber die im offenen Wasser nahezu symmetrische Form der Welle aufgehoben, weil die vorderen und unteren Theile mehr als die hinteren und oberen Theile in ihrer ursprünglichen Bewegung gehemmt werden, so dass die Vorderseite der Welle, je weiter diese die schräge Fläche hinaufläuft, um desto steiler und kürzer wird, bis endlich in Folge der rascheren Bewegungen der Wassertheile auf der Rückseite zunächst der Scheitel, sodann aber auch ein grösserer Theil der Welle nach vorn überstürzt oder die Welle brandet. Wenngleich hierbei ein erheblicher Theil der lebendigen Kraft zerstört wird, so findet der Rest ausser einer verbleibenden geringeren Wellenschwingung hauptsächlich seine Aeusserung noch in einem heftigen Fortfliessen oder Springen des Wassers, also in einem nach vorn gerichteten Stoss.

Der grosse praktische Unterschied der senkrechten Wand und der schräg ansteigenden Fläche ist also, dass bei ersterer die lebendige Kraft der Wellenschwingung sich hauptsächlich in einem Rücklaufen der Wellen äussert, dass daher wohl eine bedeutende Erhebung der Wellen, jedoch kein erheblicher hori-

zontaler Stoss stattfindet, während dieser letztere bei dem ansteigenden Grunde um so stärker ist, je weniger bei gleicher Erhebung und Geschwindigkeit der Wellen die lebendige Kraft im Anfange des Auflaufens vernichtet und um so vollständiger bis zum Augenblicke des Brandes erhalten wird. Dies geschieht augenscheinlich bei einem anfangs concaven am Ende aber convexen, nach oben hin ansteigendem Grunde oder Ufer. Siehe Cap. XV, § 4 und 5.

Eine weitere eigenthümliche Folge des Auflaufens der Wellen auf geneigten Grund ist, dass vor jeder gebrandeten Welle sich eine gewisse Wassermenge anhäuft, welche allerdings noch eine Strecke weit hinaufgeschoben wird, nach der gänzlichen Ermattung der Welle jedoch mit deren Wasser zusammen zurück und der neu ankommenden Welle entgegenfliesst. Es wird durch diese rücklaufende Strömung die Einwirkung des Grundes auf die Verzögerung der unteren Wellentheile und auf das Ueberstürzen der Wellen noch vermehrt.

Bei starkem Sturm bleibt jedoch trotz des unteren Rückfliessens noch eine bedeutende Anhäufung von Wasser übrig, welche am Ende sich verengender Buchten oft viele Meter Höhe erreicht. Ueber diese mit dem Branden verbundene Anhäufung des Wassers am Ufer s. § 19.

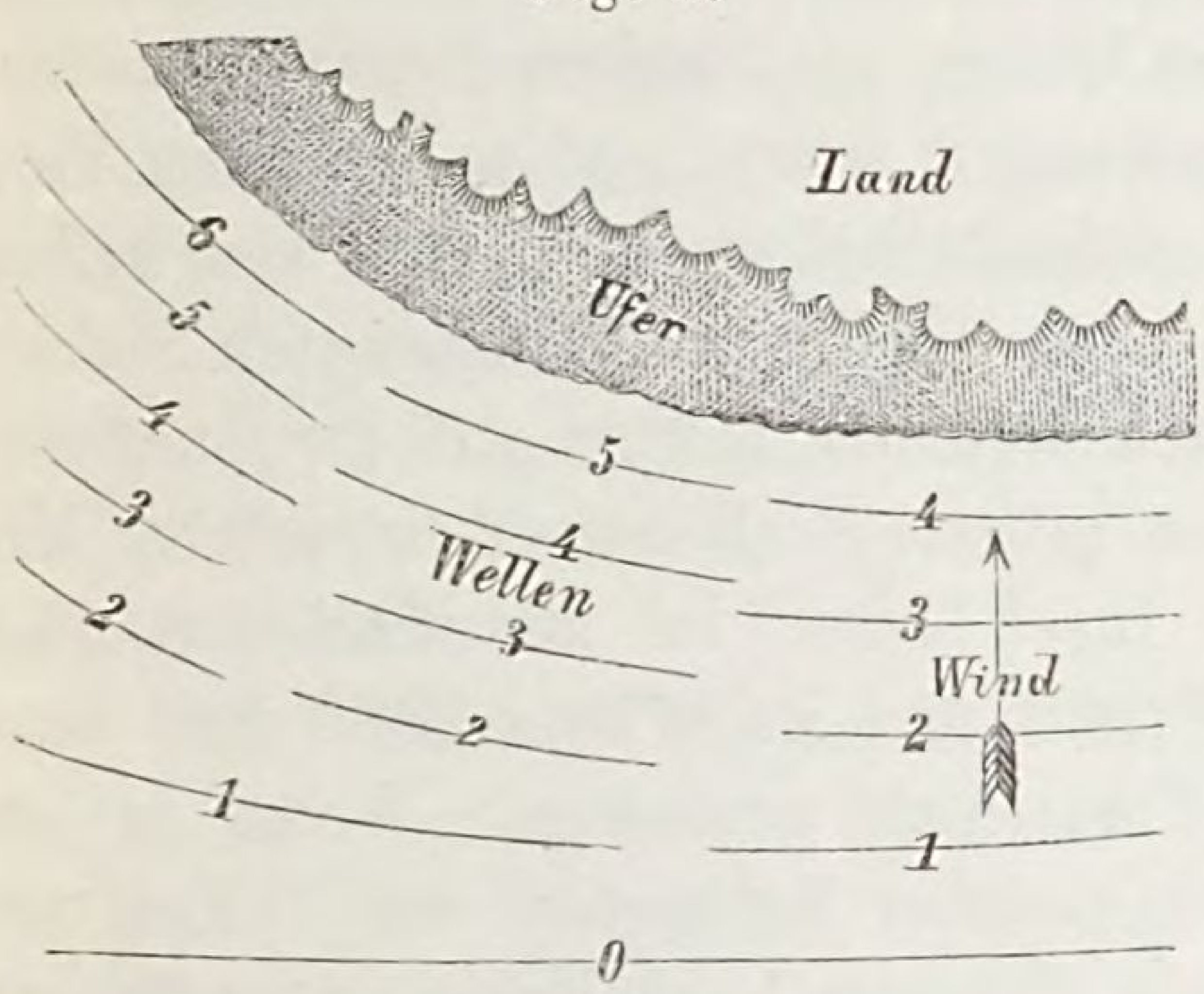
Wenn das Ufer in grosser Ausdehnung sanft ansteigt, so findet das Branden der Wellen in vielen Linien hintereinander statt, indem die seewärts zuerst brandenden sich nur zum kleinsten Theile erschöpfen. In demselben Maasse aber wie sich die auflaufenden Wellen vor dem Eintreten des Brandens erhöhen, verringert sich ihre Geschwindigkeit und desshalb auch, da sich die Wellen in denselben Perioden als in der offenen See folgen müssen, die Länge der Wellen. Nach dem ersten Auftreten der Brandung jedoch werden die weiter nach dem Ufer zu laufenden Wellen nicht allein in ihrer Geschwindigkeit sondern auch in ihrer Höhe wesentlich verringert und wird ausserdem durch den Anprall des rücklaufenden Wassers die Regelmässigkeit der Erscheinung mehr und mehr gestört.

Aehnliche Erscheinungen als ein sanft ansteigendes Ufer oder eine das Ufer bildende senkrechte Wand rufen selbst weit vom Ufer entfernte oder gar im offenen Meere befindliche Untiefen hervor, wie bereits im § 5 bei der Tiefe der Wellenbewegung bemerkt wurde. Namentlich dort wo der Boden sich steil bis zu einer geringeren Tiefe erhebt als die Wellenschwingung zur Zeit daneben angenommen hat, wird zunächst für den betreffenden untern Theil der Welle ein Aufsteigen hervorgerufen, welches sich aber sofort durch die ganze Welle bis auf ihren oberen Scheitel fortpflanzen muss. Diese, in Fig. 8, Taf. XLIII dargestellten, überhöhten und auf der Vorderseite unter gewissen Umständen bis zum Branden steil gewordenen Wellen, die sog. Grundwellen, üben nach dem bereits Gesagten sowohl vor- als auch rückwärts eine sich erst allmählich verlierende Wirkung aus. So gefährlich sie namentlich den kleineren Schiffen sind, so leicht lässt sich bei sichtigem Wetter die Gefahr schon von Weitem erkennen, freilich nicht immer vermeiden. Es sei hierbei bemerkt, dass von verschiedenen Schriftstellern unter Grundwellen andere jedoch nicht recht klare Erscheinungen verstanden werden und dass namentlich Emy nur den unteren Theil der durch Untiefen gehobenen Wellen so benennt.

Die mit dem Anlaufen der Wellen gegen flacheres Ufer verbundene Verzögerung der unteren Bewegungen bewirkt zum Theil, dass bei fast beliebig im Grundrisse gestalteten Ufern die Wellen nahezu überall senkrecht gegen die Uferlinie treffen. Die anfänglich mit der Windrichtung laufenden Wellen vollziehen

nämlich in der Nähe des mehr als unter einem rechten Winkel von jener Richtung abweichenden Ufers allmählich eine Schwenkung, indem der nach der Breite der Welle seewärts gerichtete und weniger verzögerte Wellentheil rascher läuft als der dem Ufer näher gekommene. Weil sich diese Wirkung bei flachen Küsten schon weit hinaus erstreckt und unablässig fortdauert und weil ausserdem zugleich nach nebenstehender Fig. 2 sich die Zahl der Wellen bei zunehmender Wasserfläche vergrössert, so kommen endlich bei den völlig unter dem Winde liegenden flachen Ufern kleinerer Inseln die Wellen noch mit verhältnissmässig bedeutender Stärke und rechtwinklig zum Ufer an. Bei steilen und in grosser Ausdehnung vom Winde abgeneigten Küsten schwächt sich diese Erscheinung wesentlich ab.

Fig. 2.



Zu dem Anlaufen der Wellen gehört endlich noch die für den Hafenbau besonders wichtige Erscheinung, dass eine mit bestimmter Höhe in ein sich seitlich verengendes, übrigens unverändertes Bett einlaufende Welle sich erhöht, dagegen im umgekehrten Falle sich erniedrigt. Da die Höhe und die Geschwindigkeit der Welle das Maass ihrer lebendigen Kraft abgeben, und abgesehen von der Vernichtung derselben durch Reibung diese Kraft sich in den verschiedensten Profilen gleich bleiben muss, so würde also bei gleich bleibender Geschwindigkeit die Erhebung bezw. Senkung einfach im umgekehrten Verhältnisse der Verengung bezw. Erweiterung stehen. Für praktische Fälle kann dies auch angenommen werden, so lange nicht eine erhebliche Vernichtung der lebendigen Kraft und damit auch eine wesentliche Aenderung der Geschwindigkeit eintritt.

§ 8. Stosskraft der Wellen. Wenn man sich die Angaben über die Grösse und Geschwindigkeit der Wellen vergegenwärtigt, so kann man auch ohne dynamische Berechnung einen Schluss auf die Stärke der Bewegung der einzelnen Wassertheile und folgenweise auf die lebendige Kraft einer ganzen Welle ziehen. Dennoch werden stets die beobachteten Erscheinungen über die in Folge abgelenkter Bewegung der Wassertheilchen entstehende Stosskraft der Wellen überraschen. Diese Stosskraft äussert sich, je nachdem die Welle in ihrer letzten Bewegung vertical oder mehr horizontal geleitet ist, sowohl in einem senkrechten Aufspringen als in einem horizontalen Fortschleudern der Wassermassen und dem Fortstossen entgegenstehender fester Körper.

Die grössten senkrechten Erhebungen sind an isolirt liegenden, auf geneigten Klippen erbauten Leuchtthürmen, sowie an steilen Felswänden, vorzüglich solchen, vor denen unter Wasser eine Böschung vorhanden ist, beobachtet, so z. B. dass die Brandung hoch über den reichlich 30^m hohen Leuchtthurm zu Eddystone schlägt, ja dass im Jahre 1859 von dem auf Bishop-Rock (Scillyinseln) stehenden Leuchtthurm eine 150^k schwere, an einem Balken hängende Glocke in einer Höhe von über 30^m herunter geschleudert wurde. An der dahinterliegenden Küste von Cornwall sind in 90^m und an der norwegischen Küste bei Wasbergen sogar in 120^m Höhe noch zusammenhängende Wassermassen durch den Sturm hinaufgeschleudert.

Die horizontalen Bewegungen finden ihr Maass besonders durch fortbewegte Steine. So sind z. B. in Cherbourg Betonblöcke von 20 kb^m und ähnlich grosse natürliche Steine zum Theil über eine etwa 6^m hohe Mauer geworfen, zum Theil 20^m weit fortgetrieben und umgewälzt, in Cette sogar ein Betonblock von 70 kb^m mit nur 7,5$\square^m$ dem Wellenstoss zugekehrter Fläche um 1^m weit eine flache Dossirung hinaufgetrieben.

Um den Wellenstoss direkt zu messen hat Th. Stevenson[1]) in Edinburg einen in Fig 3, Taf. XLIII dargestellten Apparat angewandt, welcher im Wesentlichen aus einer der Stossrichtung rechtwinklig entgegengestellten, sich an vier Führungsstangen bewegenden, aber von vier starken Spiralfedern gehemmten Scheibe besteht. Indem sich durch die Bewegung der gestossenen Scheibe kleine, als Marken dienende Lederringe verschieben, welche lose auf den Führungsstangen sitzen und nach deren Verschiebung durch den festen Boden des Apparats aufgehalten werden, lässt sich selbst nach dem Sturme ermessen, um wie viel die in ihrem Widerstande bekannten Spiralfedern auseinandergezogen worden sind, also auch welchem Druck auf die Quadrateinheit der während eines Sturmes vorgekommene grösste Wellenstoss entspricht. Mit Hülfe dieses Apparats hat Stevenson auf der Insel Tyree im atlantischen Ocean während der stärksten Stürme im Sommer 611 Pfund und im Winter 2086 und ausnahmsweise sogar 6083 Pfund Druck auf 1□ Fuss engl. gemessen. Wenn es als zulässig betrachtet wird, den von einer bei den meisten Versuchen nur 6 Zoll im Durchmesser grossen Scheibe aufgefangenen Stoss in gleichem Verhältniss auf grössere Flächen zu übertragen, so würden auf $1\square^{m}$ jene Drücke rund 3000, 10000 und 30000^{k} betragen.

Nach ähnlicher Beobachtungsweise gemessen können für gewöhnlich die grössten Drücke in der Nordsee zu 15000^{k} und in der Ostsee zu 10000^{k} für $1\square^{m}$ gelten, obgleich nach neueren Versuchen Stevensons bei besonders heftigen Stürmen auch an der englischen Nordseeküste eben so grosse Drücke als in dem atlantischen Ocean beobachtet sind.

§ 9. Bewegung der einzelnen Wassertheilchen oder Wellentheorie. Seit Newton haben sich verschiedene namhafte Forscher mit diesem Problem beschäftigt und darüber sehr abweichende Theorien aufgestellt. Da diese jedoch selbst in der kürzesten Behandlung für den Zweck dieses Buches zu umständlich sein würden, so müssen hier nur einzelne Andeutungen und der Hinweis auf die Literatur genügen.

Newton verglich die Bewegung mit der Bewegung des Wassers in umgebogenen Röhren, wobei indessen nur auf die senkrechte, nicht auf die horizontale Bewegung desselben Rücksicht genommen war. Diese Anschauung wurde von Lagrange zunächst bekämpft, welcher von den ebenfalls nicht haltbaren Bedingungen ausging, dass die Höhe der Wellen im Vergleich zur Breite sehr klein, also nur die horizontale Bewegung zu betrachten sei, dass ferner alle Elemente einer Senkrechten mit gleicher Kraft und Geschwindigkeit bewegt würden, und endlich, dass diese Bewegung nur auf geringe Tiefe unter die Oberfläche hinabreiche. Fast gleichzeitig versuchte Laplace eine Theorie von der Vorstellung aus, dass ein cylindrischer Körper in das Wasser getaucht, darin so lange, bis alles Wasser in Ruhe steht, fest gehalten und dann plötzlich wieder herausgezogen werde, wodurch offenbar eine wellenförmige Bewegung entsteht. Dabei nahm er ausserdem eine sehr geringe Eintauchung an. Aber auch diese Theorie erwies sich als ungenügend.

Etwa dreissig Jahre später gelang es Gerstner, wenn auch zunächst nur für stehende Wellen, eine haltbare Theorie aufzustellen, welche er freilich in nicht völlig zulässiger Weise auch auf fortschreitende Wellen übertrug. Dieselbe ist in neuerer Zeit von Hagen vervollständigt, nachdem inzwischen die Gebrüder Weber

[1]) Th. Stevenson. The design and construction of harbours. Cap. IV.

äusserst geschickte Experimente mit künstlichen Wellen angestellt und veröffentlicht hatten und Airy, wenn auch nur für Wellen von unendlich kleiner Höhe, zu denselben Resultaten wie Hagen gelangte. Ausserdem verdient noch die Abhandlung von Emy über die Bewegung der Wellen wegen vieler anschaulichen Darstellungen und thatsächlichen Beobachtungen Beachtung.

Indem im Uebrigen auf die am Schlusse des Capitels angegebene Literatur verwiesen werden muss, möge nun folgende kurze Darstellung, welche sich im Wesentlichen auf die vorzüglichen Untersuchungen von Hagen stützt, hier Platz finden.

Hagen unterscheidet zunächst zur Vereinfachung der Betrachtungen folgende Fälle: Wellen auf Wasserflächen von unendlicher Tiefe, Wellen bei geringer, constanter Tiefe, Wellen bei grosser, constanter Tiefe und endlich Wellen auf ansteigendem Grunde.

Der erstere Fall gewährt die leichteste Anschauung und die sicherste Behandlung. Es werden dabei, wie auch bei allen anderen Fällen als Grundbedingungen die zwei Voraussetzungen gemacht, dass überall Continuität stattfinde oder dass das Wasser sich nirgendwo trenne und einen freien Raum zulasse, sowie auch dass nirgendwo eine Ueberfüllung stattfinde, indem die nur sehr geringe Elasticität des Wassers ganz vernachlässigt wird.

Sodann wird auf Grund von Beobachtungen angenommen, dass die einzelnen Wellentheile geschlossene Bahnen durchlaufen, dass also jedes Element nach Verlauf einer ganzen Welle sich wieder an demselben Orte befinde, wobei in den oberen Scheiteln die Richtung mit der Richtung der Welle übereinstimmt, in den unteren dieser Richtung aber gerade entgegengesetzt ist, ferner dass die Geschwindigkeit der ganzen Welle constant bleibe und dass auch die untereinander liegenden Wellen (Wellenschichten) mit gleicher Geschwindigkeit die einzelnen vollen Wellenschwingungen durchmachen.

Zur besseren Veranschaulichung aller dieser zum Theil angenommenen, zum Theil nachweisbaren Vorgänge dienen die Figuren 1, 5 und 7 auf Taf. XLIII. In der Fig. 1 ist zunächst dargestellt, wie die als Kreislinien angenommenen Bahnen der zu einer ursprünglich horizontalen Schicht $KLMN$ gehörenden Elemente $ABCD\ldots$ nach eingetretener Wellenbewegung eine cycloidenförmige Curve aus der Oberfläche dieser Schicht bilden. Man muss dabei annehmen, dass die ursprünglich in $KLM\ldots$ gelagerten Elemente während der Entstehung der Wellenschwingung durch spiralförmige Bewegung bis in die endlich constanten Kreise $ABC\ldots$ gelangt sind. Wenn nun die Länge der Welle von A bei J, sowie die von den Elementen durchlaufenen Kreise in gleiche Anzahl Theile getheilt werden, so ergiebt sich, dass beim Fortrücken der ganzen Welle um jeden ihrer Theile die Elemente sich um je einen ihrer Kreistheile gedreht haben müssen. So lange also z. B. A in *0* steht, wird B in *7*, C in *6* u. s. w. stehen; hat sich nach dem Vorrücken der Welle um KL aber A nach *1* begeben, so stehen auch entsprechend B in *0*, C in *7* u. s. w. Hat sich endlich die Welle um KN oder ihre ganze Länge verschoben, so stehen die Elemente ABC wieder in ihrer ersten Stellung bei *0*, *7*, *6* u. s. w. Bei einer halben Verschiebung jedoch stehen die Elemente gerade an dem diametral entgegengesetzten Punkte ihres Kreises, oder an die Stelle des Wellenthales ist der Wellenberg getreten wie in dem unteren Theile der Fig. 1 dargestellt ist.

Fig. 5, Taf. XLIII veranschaulicht zunächst die noch analytisch festzustellende Abnahme der Grösse der Kreisbahnen von den ursprünglich in gleichen Verti-

calabständen übereinander gelagerten Elementen, wobei die Mittelpunkte in den Horizontalen NO, $N^1 O^1$ u. s. w. liegen. Der Halbmesser des obersten Kreises ist so gross angenommen, dass der Kreisumfang gerade gleich der Wellenlänge, oder das Verhältniss der Wellenhöhe zur Wellenlänge wie $1:\pi$ wird. Thatsächlich ist jedoch ein so grosser Halbmesser niemals vorhanden. Dieselbe Figur zeigt ferner die bei bestimmter Wellenlänge aus den betreffenden Kreisbahnen gebildeten Cycloiden $ABCD\ldots$, $A^1 B^1 C^1 D^1\ldots$, von denen die oberste, freilich nur gedachte, eine gemeine, jede andere eine gestreckte Cycloide ist. Es sind dies also diejenigen Curven, welche sich ergeben würden, wenn sich eine senkrechte Ebene in der Richtung und mit der Geschwindigkeit der Welle fortbewegte und von einem bestimmten Momente an, z. B. dem der höchsten Erhebung, alle übereinanderliegenden Elemente fortwährend auf jener Ebene ihre jeweilige Lage verzeichnet hätten. Die so entstandenen Linien werden die Wellenformen in den den einzelnen Wellentheilen entsprechenden Tiefen darstellen und zwischen sich von oben nach unten hin an Gleichmässigkeit der Dicke zunehmende, übrigens aber an Flächengehalt sich stets gleichbleibende Schichten einschliessen.

In derselben Figur 5 sind sodann die sog. Wasserfäden $AA^1A^2A^3\ldots$, $BB^1B^2B^3\ldots$ oder diejenigen Linien dargestellt, welche vor dem Eintritt der Wellenschwingung genau lothrecht standen, also die ursprünglich lothrecht übereinander gelagerten Elemente der sämmtlichen Wellenschichten bezeichnen, sich jedoch nach der erzeugten Wellenbewegung hin- und herschwingen und sich abwechselnd verlängern und verkürzen. Bei freier Entwickelung der Wellen haben sie sämmtlich, vom oberen bezw. vom unteren Scheitel der Welle an gerechnet, eine symmetrische Form und Lage, und zwar nach dem oberen Scheitel zusammengeneigt und verlängert, nach dem unteren dagegen auseinander gebogen und verkürzt.

Während also die übereinander liegenden Kreislinien die Bahnen der übereinander liegenden Elemente während des Verlaufs einer ganzen Welle darstellen, geben diese Wasserfäden das Bild von der Lage sämmtlicher Elemente während eines einzigen Augenblicks.

Jeder einzelne Faden nimmt also während des Verlaufs der ganzen Welle nach und nach jede der gezeichneten und dazwischen liegenden Stellungen sämmtlicher Fäden an. Wo die Wellenschwingung in der Tiefe aufhört, wird sowohl die letzte Cycloide zur geraden Linie als auch die Schwankung der Fäden gleich Null.

Endlich ergeben sich aus Fig. 7, Taf. XLIII die Richtungen, in welchen sich die zu einer Wellenschicht gehörenden Elemente in der Welle in Bezug auf deren Richtung begegnen. Diese Richtungen gelten offenbar für jedes einzelne Element nur für einen Augenblick, für die ganze fortschreitende Wellenlinie oder für die entsprechende Reihe von Elementen dagegen ununterbrochen dauernd. Sie lassen sich finden, wenn an demjenigen Punkte des betreffenden Elementenkreises, in welchem sich das Element gerade befindet und welcher durch die zugehörige Cycloide oder die zugehörige Lage des Wasserfadens bestimmt ist, eine Tangente gezogen wird. Wie schon im Eingange dieser Betrachtung erwähnt, stimmt die Bewegung der Elemente in den oberen Scheiteln der Beobachtung gemäss mit der Fortschrittsrichtung der Welle überein. In den unteren Scheiteln dagegen findet gerade das Entgegengesetzte statt. Diese Figur macht ausserdem klar, wie die mit der Wellenrichtung übereinstimmende Windrichtung die Wellenbildung zu verstärken sucht, im anderen Falle aber abschwächen wird.

Unter Berücksichtigung dieser Bewegungsrichtungen der einzelnen Wassertheilchen folgt, dass die relative Geschwindigkeit derselben (d. h. ihre Geschwindigkeit in Bezug auf die Geschwindigkeit der Welle selbst) in den oberen Scheiteln kleiner als in den unteren sein muss, was damit übereinstimmt, dass die Dicke der Schichten in den oberen Scheiteln entsprechend grösser ist als in den unteren, weil die Dicke oder das Durchflussprofil überall gleich sein muss dem Volumen dividirt durch dessen relative Geschwindigkeit.

Wird nun ferner angenommen, dass diese Schichten an jeder Stelle von den darüber liegenden Schichten durch deren Schwere und Centrifugalkraft gleiche Drücke erhalten und dass die horizontalen wie die verticalen Durchmesser der Bahnen aller Wassertheilchen bei zunehmender Tiefe im gleichen Verhältnisse immer kleiner und in unendlicher Tiefe $= 0$ werden, so lässt sich nachweisen, dass, wie in den Darstellungen bereits angenommen war, alle jene Bahnen Kreise sind.

Alsdann ergiebt sich weiter, dass alle in Fig. 5 gezeichneten Curven der übereinander liegenden Wellenlinie, mit Ausnahme der obersten, gestreckte Cycloiden sind, welche in unendlicher Tiefe in die gerade Linie übergehen.

Unter den sämmtlichen Stücken der im Vorigen angedeuteten Betrachtung finden dann folgende Verhältnisse statt, wenn unter Bezugnahme auf die Fig. 5, Taf. XLIII r derjenige Radius ist, von welchem die Wellenlänge abhängt, der also die Welle als gewöhnliche Cycloide darstellen würde, sodann c die Geschwindigkeit der Welle, v die variable absolute Geschwindigkeit der Wassertheilchen, welche die kreisförmigen Bahnen mit dem variablen Radius ρ durchlaufen, z den variablen senkrechten Abstand der Mittelpunkte dieser Bahnen von dem Mittelpunkt der obersten, mit dem Radius r gebildeten Bahn, l die Länge und τ die Periode der Welle in Secunden, φ den Winkel, den der radius vector mit dem Lothe macht, t die Zeit, und endlich π, g, e die bekannten Grössen bedeuten:

$$l = 2 r \pi\,, \qquad c = \sqrt{g r} = \sqrt{\frac{g l}{2 \pi}}\,,$$

$$z = r \log. nat. \frac{r}{\rho}\,, \qquad \tau = \frac{l}{c} = \pi \sqrt{\frac{4 r}{g}} = \sqrt{\frac{2 l \pi}{g}}\,,$$

$$\rho = r e^{-\frac{z}{r}}\,, \qquad v = \rho \frac{c}{r}$$

und $\frac{d\varphi}{dt}$ oder die Winkelgeschwindigkeit, welche allen Wassertheilchen gemeinsam ist $= \frac{c}{r}$.

Ist nun z. B nach Beobachtungen $l = 100^m$, die wirkliche Höhe der Welle $= 6^m$, also für die obersten Wassertheilchen $\rho = 3^m$, so ist die Geschwindigkeit der Welle $c = 12^m{,}49$, $v = 2^m{,}35$, $\tau = 8$ Secunden, $r = 15^m{,}92$, $z = 26^m{,}43$. Ausserdem lässt sich für jedes beliebige grössere z, also der unter dem Mittelpunkt des Radius r liegenden Tiefe, der entsprechende Werth von ρ oder das Maass der mit zunehmender Tiefe abnehmenden Schwankungen berechnen.

Ueber den zweiten Fall, die Wellen bei geringer, constanter Tiefe, liegen vorzüglich nur Beobachtungen mit künstlich erzeugten Wellen vor. Die wesentlichsten Resultate der Beobachtung sind, dass die Wassertheilchen sich bei jeder Welle nur horizontal hin und her bewegen ohne sich abwechselnd nach vorn und hinten überzuneigen. Indem also die Bewegung bei unendlicher Tiefe so gedacht werden kann, dass das Wasser aus lauter verticalen Fäden besteht, welche sich bei der Wellenbewegung verlängern und verkürzen und dabei sich regelmässig nach vorn und hinten überneigen, während jedoch ihr Fuss in unendlicher Tiefe stillsteht, lässt sich die Bewegung in geringer constanter Tiefe so darstellen, dass die ebenfalls sich verlängernden und verkürzenden Wasserfäden dauernd ihre senkrechte Stellung beibehalten, sich aber in ihrer ganzen Höhe gleichmässig hin und her bewegen.

Aus diesen beiden Anschauungen zusammen lässt sich diejenige finden, bei welcher beide Bewegungsarten in einander übergehen, welche Anschauung also der

Bewegung bei grösserer constanter, aber endlicher Tiefe entspricht, wenn sie sich den beiden ersteren genügend anschliesst. Dies ist der Fall, wenn bei gewisser endlicher Tiefe noch ein Wellensystem angenommen wird, dessen Wasserfäden vom horizontalen Meeresboden aufwärts ohne ihre senkrechte Stellung aufzugeben sich nur hin und her bewegen, während von jener Tiefe an weiter aufwärts die Wasserfäden, dem System bei unendlicher Tiefe gleich, sich abwechselnd vor- und zurückneigend gedacht werden. Die Uebergangsschicht liegt den analytischen Berechnungen zufolge in einer Höhe über dem Boden gleich dem Radius r, von welchem bei unendlich tiefem Wasser die Wellenlänge und die Geschwindigkeit der Welle abhängt.

Für weitere analytische Betrachtungen, namentlich auch über Wellen auf ansteigendem Grunde, muss auf die bezüglichen Quellen, insbesondere auf Hagen, Handb. d. Wasserbaukunst. III. Th. 1. Bd. S. 79 u. ff. verwiesen werden.

§ 10. Allgemeine Erscheinungen und Bezeichnungen der Ebbe und Fluth. Die allgemeinste Erscheinung ist das täglich zweimal erfolgende Steigen und Fallen des Wassers in allen offenen Meeren, welches abgesehen von zufälligen örtlichen Einflüssen sowie vom Winde zwar nicht gleichmässig, aber im höchsten Grade regelmässig sowohl der Höhe als der Zeit nach auftritt.

Um welches Maass im freien Ocean durchschnittlich der Wasserspiegel schwankt, ist bis jetzt noch nicht ermittelt, wohl aber, dass ausser den periodischen Aenderungen in der Höhe auch fast an allen Orten dauernde Verschiedenheiten in den Höhenmaassen und in der Art des Steigens und Fallens stattfinden. Ueberall jedoch wird der Zusammenhang des zeitweiligen Standes von Mond und Sonne gegen die Erde mit der localen Fluth und Ebbe beobachtet und sind auch die Erscheinungen in ihren Wesen allenthalben die selbigen und desshalb mit denselben Bezeichnungen zu benennen.

So wird im Allgemeinen das Steigen stets mit Fluth, das Fallen mit Ebbe, der höchste Stand jedes halben Tages mit Hochwasser, der niedrigste Stand mit Niedrigwasser bezeichnet, wobei bemerkt werden mag, dass missbräuchlich wohl zuweilen die beiden ersteren Bezeichnungen anstatt der letzteren beiden genommen werden. Die Differenz zwischen einem aufeinanderfolgenden Hoch- und Niedrigwasser oder umgekehrt nennt man Fluthgrösse, Fluthwechsel, oder Fluth-Intervall. Die ganze Erscheinung des Steigens und Fallens sowohl der Höhe als der Zeit nach wird in Norddeutschland noch meistens Tide, in der oberdeutschen Schriftsprache vorwiegend Gezeit genannt.

Unter Fluth-Periode versteht man die Zeit, welche zwischen dem Eintreten zweier aufeinanderfolgenden Hoch- oder Niedrigwasserstände eines Ortes verstreicht. Dieselbe ist theoretisch gleich der halben Zeit, in welcher der Mond wieder in denselben Erdmeridian tritt, nämlich durchschnittlich gleich 24 Stunden 50 Min. 28,32 Secunden, indem wie schon erwähnt nahezu täglich zweimal sich Fluth und Ebbe wiederholen. Von den sämmtlichen Fluthen eines halben synodischen Monats oder der Zeitperiode zwischen Vollmond und Neumond unterscheidet man eine besonders starke Fluthherhebung zur Zeit des Vollmondes und des Neumondes (oder in den Syzygien) die sog. Springfluth und eine besonders schwache zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels (oder der Quadraturen) die sog. todte, taube oder Nipp-Fluth. Dabei ist jedoch schon jetzt zu bemerken, dass diese grösseren und kleineren Fluthen nicht an einem Tage plötzlich auftreten, sondern dass abgesehen von zufälligen oder örtlichen Strömungen die Fluthgrössen zwischen denen der Springfluth

und todten Fluth hin- und herschwanken. Dass ausserdem an den meisten selbst an Oceanen belegenen Orten diese besonderen Fluthen nicht genau mit jenen Stellungen des Mondes und der Sonne zusammentreffen wird im Folgenden näher erwähnt werden.

Diejenige Stundenzeit, zu welcher durchschnittlich am Tage des Vollmonds oder Neumonds das Hochwasser an einem bestimmten Punkte der Küste z. B. einem Hafen eintritt, heisst die Hafenzeit des Ortes. Dieselbe müsste auf den ersten Blick auch mit der Culminationszeit des Mondes für den betreffenden Ort übereinstimmen, was jedoch thatsächlich bei den wenigsten Punkten der Erde der Fall ist (s. § 14).

Fast überall macht sich an den Küsten, namentlich in tief eingeschnittenen Buchten während des Fallens und Steigens eine entsprechende Strömung, die Fluth- und Ebbe-Strömung bemerklich, zwischen welchen ein meist allmähliches Umsetzen, das sog. Kentern, der Strömung stattfindet.

Für die speciellere Betrachtung der Flutherscheinungen sind endlich noch die Begriffe und in der Praxis das Auffinden der Fluthcurve und der Fluthwelle wichtig. Die Fluthcurve eines bestimmten Ortes erhält man, wenn auf einer die Fluthperiode in gewissen Zeiteinheiten darstellenden Abscissenachse die Höhen der Fluth als Ordinaten aufgetragen werden, wie dies am vollkommensten mit den in Cap. V, § 24 (S. 277) beschriebenen selbstregistrirenden Wassermessern geschieht (s. auch § 13). Die Fluthwelle dagegen stellt das Bild einer in bestimmter Richtung an unendlich vielen Punkten vorbeiziehenden Fluth und Ebbe während eines Augenblickes dar. Dieselbe ist nur aus gleichzeitig an zahlreichen hintereinander liegenden Punkten angestellten Beobachtungen zu ermitteln.

§ 11. Allgemeine Betrachtung der Ursachen der Ebbe und Fluth. Die allgemeine Ursache der Erscheinung wurde schon von den Alten geahnt, indem Strabo erklärt, dass der Ocean die Bewegungen der Himmelskörper nachahme und Plinius sogar behauptet, dass Sonne und Mond die Gewässer des Meeres wie Dienende nach sich ziehen. Erst nach langen Jahrhunderten beginnt jedoch mit Kepler eine klarere, auf die Kenntniss der Anziehungskraft gegründete Anschauung, welche bald darauf durch Newton[5]) zur vollkommenen Gewissheit durch mathematische Begründung mittelst des Gesetzes der Schwere gebracht wurde. Daniel Bernoulli machte 1738 den Versuch, die Newton'sche Theorie in einem nur die Fluthwelle am Aequator behandelnden Werke durch grössere Schärfe der Form zu verbessern, sodann erweiterte Laplace dieselbe dadurch, dass er die ganze Bewegung der Fluthwellen mit Hülfe der inzwischen vervollkommneten analytischen und mechanischen Kenntnisse behandelte, freilich nur gestützt auf die im Hafen zu Brest angestellten Beobachtungen.

Nach diesen wesentlich theoretischen Begründungen haben in neuerer Zeit besonders englische Forscher: W. Whewell, J. W. Lubbock und G. B. Airy, sowie der Capitain F. W. Beechy[6]) durch umfassendere Beobachtungen und Zusammenstellungen thatsächlicher Erscheinungen die grosse Complicirtheit und Mannigfaltig-

[5]) Philosophiae naturalis principia mathematica, London 1687, deutsch von Prof. Dr. Wolfers, Berlin 1872.

[6]) S. hierüber: Philosophical transactions von 1831—1850, sowie Lubbock: An elementary treatise of the Tides. London 1839.

keit derselben, an einzelnen sowie an verschiedenen Punkten des Meeres dargethan, und dieselben mit den theoretischen Grundlagen verglichen.

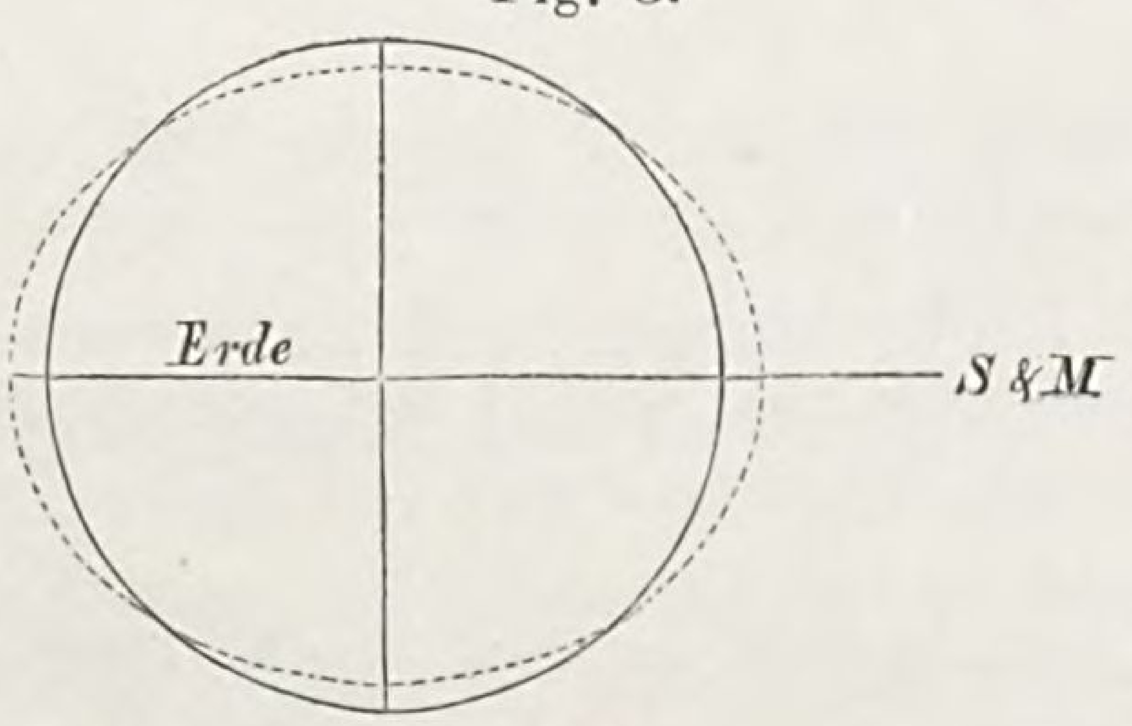
Namentlich hat Whewell durch die im Jahre 1833 aufgestellte Hypothese gewisser Linien gleicher Hochwasserzeit, von ihm *cotidal lines,* von Anderen später Isorachien genannt, nachhaltig Anlass zu weiteren Betrachtungen, aber nicht minder zu vielen irrigen Vorstellungen gegeben. Auf Grund von hierzu nicht ausreichenden Beobachtungen unternahm er es anfänglich, nicht allein für engere Meerestheile, sondern sogar quer durch die grossen Oceane die Linien des gleichzeitigen Hochwassers zu ziehen. Er selbst hat nach jahrelangen Bemühungen dies letztere Ziel als noch unerreicht anerkannt, indem er in seiner Mittheilung vom 16. December 1847 (siehe Philosophical transactions) unter Widerlegung seiner eigenen früheren Ansichten u. A. sagt: „ich sehe ein, dass alle Versuche solche Linien quer über einen weiten Ocean mittelst Beobachtungen an seinen Ufern zu ziehen, gänzlich werthlos sein müssen". Es stimmen vorzüglich die Beobachtungen auf einzelnen in jenen Oceanen liegenden Inseln zu wenig mit den hypothetischen Linien überein. Die auf dieselben gestützte Ansicht, dass die auf der nördlichen Hemisphäre auftretenden Fluthwellen den südlichen Oceanen ihre Entstehung verdanken, darf nach diesem Urtheile und Angesichts der Thatsache, dass fast gänzlich vom Ocean abgeschlossene, indessen tiefe und sich vorzugsweise von Ost nach West erstreckende Meere wie z. B. das Mittelmeer eine selbständige und sehr merkliche Fluthwelle erzeugen, wohl aufgegeben werden.

Endlich sei zum eingehenderen Studium der speciellen Erscheinungen die Abhandlung von Lentz[7]) besonders empfohlen, welche in Kürze die theoretischen Begründungen der wichtigsten Thatsachen und daneben sehr anschauliche graphische, zum Theil den Whewell'schen Schriften entlehnte Darstellungen derselben enthält.

§ 12. Specielle Betrachtung der Ursachen der Ebbe und Fluth. Unter Bezugnahme auf die von Lentz ausführlicher gegebenen Entwickelungen mögen hier über die wichtigsten Verhältnisse der Fluthserscheinung nachstehende einfacheren Betrachtungen Platz finden.

Es sei zunächst die ganze Erdkugel gleichzeitig vom Wasser umgeben und Sonne und Mond in der Ebene des Aequators und in demselben Meridian befindlich gedacht. Nun ist die fluthherzeugende Kraft nur der Unterschied in der Anziehungskraft dieser Himmelskörper auf die ihnen näheren und ferneren Punkte oder Massentheile an der Erdoberfläche im Vergleich zu ihrer Anziehung auf den Mittelpunkt der Erde. Die Oberfläche der Erde wird also in Folge der Beweglichkeit des sie umgebenden Wassers, und soweit es die nach ihrem Mittelpunkte hinwirkende eigene Anziehung der Erdmasse (die Schwere) gestattet, dergestalt abgeändert wie es die nebenstehende Fig. 3 darstellt. Es entsteht nämlich auf der der Sonne und dem Monde zugekehrten und abgewandten Seite eine Ueberhöhung, welche jedoch nur auf Kosten einer entsprechenden Senkung an den dazwischenliegenden Theilen der Oberfläche geschehen kann. Es ist also in dem vorliegenden Beispiele auf dem in der Bildfläche liegenden Meridian Hochwasser, am stärksten am

Fig. 3.



[7]) Von der Fluth und Ebbe des Meeres, von Hugo Lentz, Hamburg 1873.

Aequator, dagegen auf dem 90 Grad davon entfernt liegenden Meridian Niedrigwasser und zwar am stärksten am Aequator, während an den Polen gar kein Fluthwechsel stattfindet. Es sind ferner bei dieser Stellung von Sonne und Mond nur zwei Fluthwellen vorhanden, d. i. die Springfluth. Stehen jedoch Sonne und Mond in der Quadratur, so bewirken sie jeder zwei, im Ganzen also vier Wellen, die sich offenbar zum Theil vernichten, d. i. die taube Fluth. Aber nicht allein während der Quadratur, sondern auch in jedem anderen Zeitpunkte als dem der Syzygien, finden strenggenommen 4 Wellen statt, wovon jedoch nur die zwei grössten Hebungen und Senkungen als die tägliche Fluth und Ebbe angesehen werden. Dass die Bewegung der Fluthwellen mit der scheinbaren Bewegung von Sonne und Mond übereinstimmt, ist dabei selbstverständlich.

Die Hauptverhältnisse ergeben sich leicht aus nachfolgender ungefähren Berechnung:

Die Masse der Sonne ist 319 500 mal grösser als die der Erde, ihre mittlere Entfernung vom Erdmittelpunkte gleich 11 567 Erdäquatordurchmesser von 1719 geogr. Meilen.

Die Masse des Mondes ist 0,0125 mal kleiner als die der Erde, die Mittelpunkte sind i. M. 30,13 Erddurchmesser entfernt.

Die Anziehungskräfte von Sonne und Mond verhalten sich also nach dem Newton'schen Gesetz in Bezug auf die Erde zu einander wie

$$\frac{319500}{11567^2} : \frac{0,0125}{30,13^2} = 173,43:1,$$

d. h. die Sonne zieht die Erde 173,43 mal stärker an als der Mond.

Trotzdem ist aber die flutherzeugende Kraft des Mondes viel stärker als die der Sonne, weil der oben genannte Unterschied in der Anziehung auf die einzelnen Punkte der Erde bedeutender ist.

Die Anziehungskraft der Sonne für die ihr nächsten und fernsten Punkte der Erde verhält sich nämlich zur Anziehung auf den Mittelpunkt wie

$$\frac{1}{(11567 \pm 1/2)^2} : \frac{1}{11567^2},$$

also nach Vernachlässigung des verhältnissmässig sehr kleinen $\pm\, 1/2$ ist sie für die äussersten Punkte nur um $\frac{1}{11567}$ von der Anziehung auf den Mittelpunkt verschieden.

Ebenso differirt die anziehende Kraft des Mondes auf die betreffenden Punkte um $\frac{1}{30,13}$, folglich verhalten sich die flutherzeugenden Kräfte von Sonne und Mond wie
$$\frac{173,43}{11567} : \frac{1}{30,13} = 1:2,214.$$

Wenn die Masse der Sonne $= M$, die des Mondes $= m$ und die beiden Abstände vom Erdmittelpunkte bezw. $= A$ und a gesetzt werden, so lassen sich also die flutherzeugenden Kräfte beider auf die nächsten und fernsten Punkte der Erdoberfläche ausdrücken durch $\frac{g\,M}{A^3}$ und $\frac{g\,m}{a^3}$ und nach Einsetzung der bekannten Werthe von g, M, m, A und a leicht berechnen.

Unter der Annahme der Stellung von Sonne und Mond in der Aequatorebene nimmt die flutherzeugende Kraft beider nach den Polen in dem gleichen Maasse ab wie die Durchmesser der höheren Breitengrade kleiner werden als der Aequatordurchmesser oder es ist diese Kraft unter einem beliebigen Breitengrade gleich der Kraft am Aequator mal dem *Cosinus* des Winkels der Breite vom Aequator ab gezählt. — Aehnlich findet sich die Erhebung an einem andern Punkte des Aequators

oder nach dem vorigen Satze, jedes Breitengrades, wenn die Erhebung unter demjenigen Meridian, in welchem sich Sonne oder Mond befinden, mit dem *Cosinus* des doppelten Winkels der Länge, von jenem Meridian abgezählt, multiplicirt wird.

Wenn also für einen Punkt der Erde *lS* den Längengrad von demjenigen Meridian abgezählt ist, in welchem sich die Sonne befindet, *b S* den Breitengrad, ebenfalls von dem Breitengrad, über welchem die Sonne senkrecht steht, abgezählt, bedeutet, wenn *lM* und *b M* die entsprechenden Winkel vom Orte des Mondes abgezählt bedeuten und die fluterzeugenden Kräfte von Sonne und Mond mit *S* und *M* bezeichnet werden, so ist allgemein die Erhebung oder Senkung des Wasserspiegels an diesem einen Punkte gleich

$$M \cos bM \cos 2lM + S \cos bS \cos 2lS.$$

Dadurch dass Sonne und Mond fortwährend ihre Stellung zu einander verändern, entsteht nun ein beständiger Wechsel in den gesammten Hebungen und Senkungen oder in dem Verhalten der täglichen Fluthen.

Es dreht sich die Erde in etwa 23 Stunden 56 Min. um ihre Achse, und indem sie sich während dieser Zeit in ihrer Bahn um die Sonne fortbewegt, so tritt nach durchschnittlich 24 Stunden die Sonne wieder in denselben Meridian. Dagegen bleibt der Mond täglich etwa 48³/₄ Min. hinter der Sonne zurück und tritt erst nach 24 Stunden 50 Min. 28,32 Secunden wieder in denselben Meridian. Diese sich während eines halben synodischen Monats vollziehenden Aenderungen der Zeit und Höhe nennt man die halbmonatliche Ungleichheit.

Die sich hieraus für die verschiedenen Culminationszeiten des Mondes unter dem Aequator ergebenden theoretischen Wasserstände sind in Fig. 9, Taf. XLIII durch verschiedene Fluthcurven von Lentz anschaulich gemacht, wobei als Abscissenachse der halbe Aequator und in dessen Ebene der Mond stets in dem Längengrade *0* culminirend angenommen ist. Culminiren also *S* und *M* gleichzeitig, so ist in *0* Springfluth und Hochwasser, in 90 und 270 Grad Niedrigwasser.

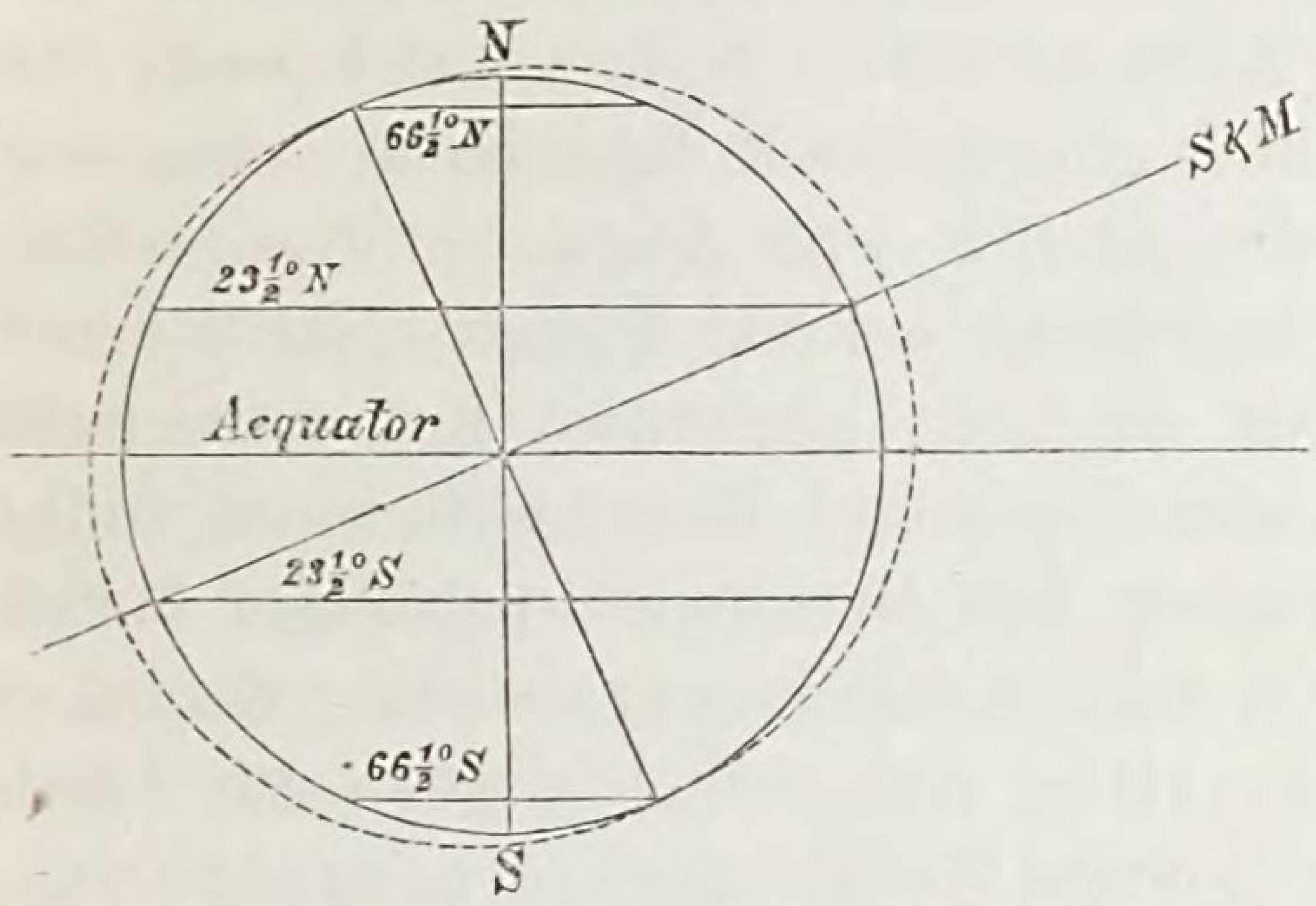
Culminirt der Mond um eine Stunde später am Meridian *0*, so ist der Gipfel der Sonnenwelle im Meridian 15 und die Fluthwellen beider vereinigen sich zu einer niedrigeren Welle, das Hochwasser findet ausserdem vor der Culmination des Mondes statt. Je später also der Mond culminirt, desto früher tritt, verglichen mit seiner Culminationszeit, das Hochwasser ein und je niedriger ist dasselbe. Culminirt der Mond sechs Stunden später als die Sonne, so trifft zwar Hochwasser genau mit der Culminationszeit des Mondes zusammen, aber es vereinigen sich Mondhochwasser und Sonnenniedrigwasser, es ist Taubefluth u. s. w.

Da der Mond den weitaus stärkeren Einfluss ausübt, so wird sich das Hochwasser stets enger an die Culmination des Mondes als an die der Sonne anschliessen.

Steht also die Sonne, wie in den Tagen vor dem Neumond, östlich vom Monde, so wird der Scheitel der Anschwellung etwas nach Osten gezogen werden, und umgekehrt nach Westen, wenn die Sonne, wie in den Tagen nach dem Neumond, westlich vom Monde steht.

Ausserdem aber variiren die Fluthen auch nach den Jahreszeiten und nach ganzen Jahren oder nach der Declination von Sonne und Mond gegen die Aequatorebene der Erde. Die Declination der Sonne ist am grössten zur Zeit der Winter- und Sommerwende und zwar je 23¹/₂ Grad, am kleinsten zur Zeit der Aequinoctien, wo sie zu Null wird, vergl. nachstehende Fig. 4 (S. 711). Die Declination des Mondes wechselt zunächst in einer Periode von etwa 27¹/₄ Tagen, wobei er in den

Fig. 4.



Syzygien zweimal die Aequatorebene passirt. Seine grössten Abweichungen schwanken dabei ausserdem während 18,6 Jahren zwischen etwa 18½ und 28⅔ Graden hin und zurück. Es sind desshalb die Aequinoctial-Springfluthen verhältnissmässig gross, die Solstitial-Springfluthen verhältnissmässig klein.

Aus der täglich zweimal durch die fortwährend wechselnde Declination der Sonne und namentlich des Mondes geänderten Wirkung auf die unter ein und demselben Breitengrade liegenden Punkte oder auf die daselbst erzeugten Fluthwellen ergiebt sich die sog. tägliche Ungleichheit, welche ebenfalls nach Zeit und Höhe eintritt. Dieselbe ist also um so grösser, je grösser die Declination beider Gestirne vorzüglich die des Mondes.

Endlich wirken auch auf die Grösse der Flutherhebungen die grösseren oder geringeren Entfernungen der Erde von Sonne und Mond, was wiederum besonders bei dem Monde von Einfluss ist, welcher in 27½ Tagen seinen Wechsel zwischen Erdnähe und Erdferne durchläuft. Während also nur für mittlere Entfernungen, wie oben angenommen, sich Sonnen-Fluth und Mond-Fluth wie 1:2,214 verhält, so schwankt wegen der verschiedenen Mond-Entfernung dies Verhältniss etwa zwischen 1:1,88 und 1:2,62. Während demnach für mittlere Entfernungen

die taube Fluth $2{,}214 - 1 = 1{,}214$
die Springfluth $2{,}214 + 1 = 3{,}214$

betragen, und sich untereinander wie 1,214 : 3,214 = 1 : 2,65 verhalten, so verhalten sie sich für die Grenzen der Mondentfernungen wie 1 : 3,27 und 1 : 2,23.

Es werden also die Curven der halbmonatlichen Ungleichheit nicht allein durch die wechselnde Stellung von Sonne und Mond, sondern wesentlich auch durch die Entfernung des Mondes beeinflusst.

Ausser den Höhen erleiden aber auch die Zeiten einen periodischen Wechsel, und namentlich durch die veränderliche Dauer eines Mondstages, welche die Dauer einer Fluthwelle doppelt beeinflusst, einmal unmittelbar und das andere Mal mittelbar, weil durch die veränderte Culminationszeit des Mondes auch die Ablenkung der Mondwelle durch die Sonnenwelle eine andere wird.

Indem hinsichtlich aller derartigen Aenderungen auf ausführlichere Darstellungen, insbesondere tabellarische Zusammenstellungen verwiesen werden muss, welche sich auszugsweise in der erwähnten Schrift von Lentz finden, sei noch kurz erwähnt, dass unter dem Aequator die Tiden die geringste Aenderung und vorzüglich nur einen Wechsel zwischen tauben und Springfluthen, am grössten in den Aequinoctien zeigen, wogegen an den Polen das Umgekehrte stattfindet. Hier treten vorzugsweise die Einflüsse aus der Declination bestimmend hervor, die Solstitialtiden sind die grössten, die Aequinoctialtiden die kleinsten.

Für jeden zwischen den Polen und dem Aequator liegenden Breitengrad müssen daher die jährlichen Grenzwerthe zu verschiedenen Jahreszeiten eintreten.

§ 13. Störung der theoretischen Fluthen durch die unregelmässige Erdoberfläche und durch Wind. Alle bisherigen Betrachtungen setzten ein gleichmässig mit Wasser umgebenes Sphäroid voraus, während thatsächlich die Oberfläche

der Erde im hohen Maasse uneben ist und desshalb das Meer sowohl äusserst verschiedene Tiefen als unregelmässig gestaltete Küsten besitzt. Während sich nach der Theorie eine einzige Fluthwelle gleichzeitig über die halbe Erdoberfläche erstrecken müsste, bietet nur der grosse Ocean und zwar südlich vom Aequator für die Entwickelung, aber nicht einmal mehr für das ungehemmte Fortschreiten einer solchen Fluthwelle Raum. Es kann sich diese Welle desshalb nirgendwo frei entwickeln und die ihr ursprünglich gegebene Bewegungsrichtung auf längere Strecken stetig verfolgen, sie wird vielmehr in ihrer ursprünglich den Meridianen parallelen Scheitellinie hier durch Continente, grössere Inseln oder Untiefen vernichtet, dort nur in eine andere Richtung abgelenkt oder gespalten und endlich werden die durch Spaltung entstandenen oder selbständig entwickelten Wellen unter den verschiedensten Richtungen gegeneinander geführt. Sowie in Folge dessen jede denkbare Himmelsrichtung als Bewegungsrichtung einer Fluthwelle zu finden ist, so ist selbst bei benachbarten Küstenpunkten fast nirgends Uebereinstimmung in der Höhe oder in der Zeit des Eintretens und weiteren Verlaufes vorhanden.

Es muss dabei zur Erklärung aller aus den vorgenannten Umständen sich ergebenden complicirten Erscheinungen einstweilen, so lange nicht das Gegentheil erwiesen ist, angenommen werden, dass die einmal entstandenen Fluthwellen, abgesehen von der constant wirkenden Anziehung der Himmelskörper, genau denselben Gesetzen unterworfen sind, als die durch Wind oder eine andere Kraft entstandenen Wellen. Wir sehen nämlich, dass sie gleich diesen sich durchdringen ohne sich in ihrem Fortschreiten zu vernichten, dass sie beim Einlaufen in verengte Meerestheile steigen und umgekehrt nach einer Erweiterung sinken, dass sie durch Untiefen im Ganzen und bei geneigtem Boden namentlich im unteren Scheitel in ihrer Geschwindigkeit verzögert werden, so dass sie sogar unter Umständen zum Ueberstürzen oder Branden gelangen. Ganz besonders wichtig ist die Erscheinung, dass ihre Geschwindigkeit, welche ursprünglich abgesehen von der Declination des Mondes und der Sonne annähernd unter jedem Breitengrade gleich dem dortigen halben Parallelkreise während einer Tide sein müsste, nur in den grössten Oceanen auch annähernd diese Grösse besitzt, während sie in allen kleineren und sichtbaren Meeren ganz erheblich dahinter zurückbleibt. Es ist demnach unzweifelhaft, dass die innere Bewegung der einzelnen Wassertheilchen, wie bei den gewöhnlichen Wellen, bis zu grossen Tiefen hinabreicht.

Aus all diesen Einwirkungen der unregelmässig gestalteten Erdoberfläche auf die durch die Einwirkung der Gestirne erzeugten Fluthwellen erleiden nun diese in ihren einzelnen Erscheinungsformen die grössten Veränderungen, in denen jedoch sowohl eine örtliche als auch periodische Regelmässigkeit herrscht. Diese einzelnen Erscheinungsformen des Gesammtverhaltens der Fluthwellen sind nun besonders die absolute Fluthgrösse oder das Fluthintervall für jeden einzelnen Punkt, die Geschwindigkeit des Fortschreitens, die daraus entspringenden Hafenzeiten oder die scheinbare Verspätung des Einflusses der Gestirne, die Tideströmungen und endlich die Fluthcurven oder das Gesetz des Steigens und Fallens an einem Orte.

Da nun der Uebersichtlichkeit wegen geboten ist, diese Erscheinungen einzeln zu besprechen, und nur ausnahmsweise der Zusammenhang derselben angedeutet werden kann, so möge nochmals ausdrücklich hervorgehoben werden, dass ein volles Verständniss der einzelnen Erscheinungen, sowie ihrer Gesammtheit nur durch den gleichzeitigen Ueberblick über die letztere gewonnen werden kann. Für grössere

Aufgaben des Seebaues insbesondere für alle Flusscorrectionen in den Fluthgebieten ist aber nur mit dem Verständniss der sämmtlichen Erscheinungen auch erst die Kenntniss derjenigen Vorarbeiten und Operationen möglich, welche behufs Projectirung und Ausführung einer solchen Aufgabe nothwendig werden.

Unter Hinweis auf das in § 4 über die Einwirkung des Windes auf die Wellen Gesagte und auf die Betrachtungen des § 19 über die Wirkung der Winde überhaupt ist hier nur noch kurz zu erwähnen, dass die periodische Regelmässigkeit der verschiedenen Fluthercheinungen an den einzelnen Orten durch die unregelmässigen Einwirkungen des Windes, insbesondere der Stürme, in sehr mannigfaltiger Weise abgeändert wird. Ein in der Richtung der Fluthwelle wehender Sturm vermehrt nicht allein die Geschwindigkeit, sondern auch die Höhe derselben, das Umgekehrte findet bei entgegengesetzter Richtung statt. Die Folgen hiervon werden dort besonders hervortreten, wo trichterförmige Buchten, mehrere sich kreuzende Fluthwellen und dergl. vorkommen.

§ 14. Thatsächliche Fluthercheinungen und deren Darstellung.

Fluthgrössen. Es ist noch bis jetzt durchaus nicht constatirt, welche Fluthschwankungen in den offenen Meeren stattfinden. Man kennt vielmehr nur in die an den Küsten der Continente und der im Meere liegenden Inseln vorkommenden Intervalle, welche aber selbst in letzteren Fällen wegen ihrer grossen Verschiedenheit nicht einmal einen Schluss auf eine gewisse Durchschnittshöhe gestatten. Im Allgemeinen sind die Fluthgrössen in den offenen Meeren jedenfalls kleiner als an den zugehörigen Continentalküsten, wie dies die Fluthgrössen an den Inseln solcher Meere erkennen lassen.

Im atlantischen Ocean steigen die Springfluthen bei den Bermudas um etwa $1^m,3$, bei St. Helena 1^m, bei Ascension nur $0^m,6$; im indischen Ocean bei den Kerguelen $0^m,2$, bei Mauritius und Reunion 1^m; im stillen Ocean bei den Fidji-Inseln bis etwa 2^m, bei Honolulu $0^m,6$, bei Tahiti sogar nur etwa $0^m,3$. Dagegen betragen die Höhen der Springfluthen an der deutschen Nordseeküste und an den britischen Inseln im Durchschnitt 3 bis 6, an einzelnen Punkten der letzteren, sowie an der französischen Küste bis über 12 Meter. In letzteren und ähnlichen Fällen findet augenscheinlich ein Hineinpressen in einen Trichter statt, wie dies am auffallendsten in der Fundybay vorkommt, an deren Ende die Fluthhöhe über 20^m betragen soll, während am Eingange der Bucht, sowie an den benachbarten Küsten und vor der Mündung des Lorenzstromes nur etwa $2^m,7$ Fluthschwankung eintritt. Der etwa 60^{Km} breite Isthmus von Panama bietet endlich das auffallende Beispiel, dass auf der Westküste bei Panama etwa 7^m und gegenüber im caraibischen Meere bei Aspinwall nur etwa $0^m,5$ Flutherhebung stattfindet.

Von den europäischen Küsten zeichnen sich die englischen und nordfranzösichen Küsten sowie die der Nordsee durch verwickelte Fluthercheinungen jeder Art aus. Letztere sind daselbst auch sorgfältiger als an anderen Küsten gleicher Ausdehnung erforscht und zwar vorzugsweise durch die bereits genannten Engländer Whewell, Lubbock, Beechy u. A.

Die Fig. 1, Taf. XLIV enthält zunächst einen Theil der von Whewell im Jahre 1836 in den Philos. transactions mitgetheilten Karte der Fluthhöhen dieser Küsten, wobei die Zahl der parallel zu denselben gezogenen Linien in Yards (also nahezu in Meter) die Grösse des Intervalls bei Springfluth nach dem in den Jahren 1834 und 1835 gemachten Beobachtungen angiebt. Diese Linien machen besser als Worte und Zahlen die grosse Mannigfaltigkeit der Fluthhöhen anschaulich und geben unter Berücksichtigung der Küstenformen und des als bekannt vorauszusetzenden Umstandes, dass die Fluth aus dem atlantischen Ocean in den englischen Canal und durch diesen sowie durch die nördliche Oeffnung der Nordsee in die letztere gelangt,

fast eine genügende Erklärung ihrer zwischen 1 am Texel und 12 bei St. Malo wechselnden Zahlengrösse.

In Verbindung mit der Fig. 4 ist dieselbe Figur ferner benutzt, um aus der gleichfalls von Whewell im Jahre 1836 veröffentlichten Karte der Isorachien *(cotidal lines)* das Fortschreiten der Fluthgeschwindigkeit für die genannten Küsten übersichtlich und anschaulich zu machen. Es bezeichnen nämlich die aus Punkten und Strichen zusammengesetzten und mit einer auf Greenwich-Zeit reducirten Stundenzahl versehenen einzelnen Linien die Linien des gleichzeitigen Hochwassers. Dieselben besitzen freilich nur eine ideelle Bedeutung, indem Whewell (s. dessen Vorlesung vom 11. Juni 1836) sie aus den Mittelwerthen der Hochwasserzeiten für alle verschiedenen Stunden der Mondesculmination ableitete. Er nannte sie daher Linien der mittleren Hochwasser- oder Hafenzeit, im Gegensatz zu den von ihm zuerst im Jahre 1833 gezeichneten Linien der gewöhnlichen Hafenzeit oder der Stunden des Hochwassers am Voll- Neumondstage, welche eine etwas andere jedoch ähnliche Lage besitzen.

Aus diesen Linien ergiebt sich nun, dass während das Hochwasser an der französischen Westküste und vor dem englischen Canal um 3 Uhr in einer mässigen Krümmung auftritt, es um 4 Uhr sehr ungleich weit in denselben vorgedrungen und etwa gegen 10 Uhr zu einer am vorderen Theile scharf gebogenen Curve zugespitzt sowohl bei der Insel Wight als auch bei Dover angelangt ist. Hierbei muss zugleich schon auf die in der Figur leicht ausgezogenen Tiefenlinien aufmerksam gemacht werden, deren Zahlen nach Faden beigeschrieben sind. Man sieht, dass die Hochwasser- und Fadenlinien in einer gewissen Abhängigkeit von einander stehen.

Indem des Raumes wegen die um Irland und Schottland herum in die Nordsee laufende Fluthwelle und deren Fortschreiten nicht in demselben Maasstabe wie die durch den Canal laufende Welle hat dargestellt werden können, so ist die Whewell'sche Karte hierfür durch eine Verkleinerung in Fig. 4 und durch folgende Angaben ersetzt: Gegen 8 Uhr trifft die um 3 Uhr vor dem Canal erschienene Welle die Spitze der Orkneys-Inseln, um 9 Uhr hat sie sich soweit geschwenkt, dass sie diese Spitze durch eine convex voraus gekrümmte Linie mit der Südspitze Norwegens verbindet, um 12 Uhr durchschneidet sie die Nordsee in stärkerer Krümmung etwa in der Breite des 57. Grades, wobei sie einen Zweig in das Kattegatt entsendet, der um 4 Uhr das Cap Skagen passirt.

Gegen 6 Uhr, jedoch 12 Stunden später als die Canalwelle etwa Cherbourg erreichte, hat die an der Ostseite Englands entlang gelaufene Welle den in Fig 1 wieder sichtbaren Punkt Cromer getroffen. Die Canalwelle ist inzwischen bis Texel vorgedrungen und es tritt höchst wahrscheinlich danach für die beiden Wellen nach Osten hin eine Vereinigung ein, so dass sie um 12 Uhr gemeinschaftlich vor der Elbmündung ankommen.

Bei dem Helder und der Insel Texel findet eine das Fluthinterwall abschwächende Interferenz oder Zusammentreffen von Hoch- und Niedrigwasser statt. (Vergl. w. u. Fluthcurven.)

Die auffallendste Erscheinung jedoch bietet ein vor der Themsemündung sowie ein vor der jütischen Küste in der Breite des 56. Grades liegender Theil der Nordsee.

Es treffen dort im ersten Falle je zwei gleich alte, im zweiten Falle aber zwei um 12 Stunden ungleich alte Wellen unter sehr verschiedenen Richtungen zusammen, wobei sie noch gemeinschaftlich eine gewisse Meeresfläche zu durchlaufen

haben. Es scheint hierdurch eine Art Drehung zu entstehen, wofür Whewell den Begriff *rotatory system* oder „rotirende Fluthwelle" hypothetisch aufstellt.

Obgleich ausser Whewell sich noch besonders Beechy bemüht hat, über diese Erscheinungen Licht zu verbreiten, so müssen diese letzteren als noch nicht genügend erklärt gelten. (Vergl. hierüber Lentz).

Die thatsächlichen Hafenzeiten einzelner Küstenpunkte insbesondere der Häfen sind nun zwar zunächst abhängig von dem Fortschreiten der Fluthwelle im offenen Meere, daneben aber auch von den verschiedenen localen Umständen, unter denen die Fluthwelle aus dem eigentlichen Meere bis zu dem fraglichen Punkt gelangt. Hierbei sind vorzüglich vor dem Punkte liegende Inseln, oder die Belegenheit desselben am Ende einer tiefen Bucht oder gar an einem Flusse von Bedeutung. Es weichen daher oft nahe gelegene Punkte in ihrer Hafenzeit weit erheblicher als entferntere von einander ab, weil die Fluthwelle in engen Gewässern eine weit grössere Zeit zum Fortschreiten gebraucht als im offenen Meere.

Indem hinsichtlich bestimmter Angaben über Hafenzeiten, Fluthhöhen und Strömungen, im übrigen auf die von der englischen Admiralität veröffentlichten „*Tide tables*" aufmerksam gemacht wird, in denen für eine Reihe von Häfen die Zeit und Höhe des Hochwassers vorausberechnet und dabei eine Anweisung gegeben ist, wie sich diese Angaben auf andere Orte der europäischen Küste übertragen lassen, mögen nachstehende einzelnen, für die Nordseeküste besonders interessanten Beispiele Platz finden. (Vergl. Taf. XLIV).

Ort.	Hafenzeit Stund.	Hafenzeit Min.	Höhe der Springfluth	Ort.	Hafenzeit Stund.	Hafenzeit Min.	Höhe der Springfluth
Dover	11	12	5,7	Wangeroog	11	41	2,5
Calais	11	49	6,0	Wilhelmshafen	0	52	3,5
Dünkirchen	12 = 0	8	5,0	Helgoland	11	55	2,3
Ostende	0	25	5,8	Weser- und Elbmündung	11	18	3,0
Vlissingen	0	54	4,6	Leuchtthurm auf dem			
Antwerpen	4	25	4,5	Hohen Wege . . .	0	35	3,2
Maasmündung	3	0	1,5	Bremerhafen	1	26	3,3
Rotterdam	3	45	2,0	Cuxhaven	0	49	2,8
Helder	6	0	1,3	Brunsbüttel	1	53	2,8
Terschelling	8	40	1,8	Tönningen	1	31	2,5
Borkum	11	0	2,2	Husum	2	20	3,4
Emder Schleuse . . .	0	26	2,8	Amrum	0	30	2,8
Leer	1	35	0	Sylt (List)	0	30	1,7
Norderney	11	32	2,3	Sonderhöe auf Fanöe .	2	22	1,7

Ebenso verwickelte Erscheinungen als das Fortschreiten der Fluthwellen bietet u. A. die Stromrichtung. Es darf im Allgemeinen angenommen werden, dass die Fluth im offenen Meere kaum merkliche Strömungen hervorruft und dass in einfachen Meeresbuchten, in welche durch ein und dieselbe Mündung das Fluthwasser ein- und austritt, die Strömung bei Fluth landwärts, bei Ebbe seewärts gerichtet sein wird. Diese einfachen Erscheinungen hören aber sofort auf, wenn das betreffende Meeresgebiet durch Inseln so zertheilt ist, dass sich auch die Fluthwelle in verschiedene Arme zerlegt, welche um die Inseln herum laufend sich zu gewisser Zeit an gewissen Punkten treffen.

In kleinerem Maasstabe wird fast jede Flussmündung, die durch Inseln oder Bänke gespalten ist, als Beispiel der alsdann auftretenden Durchdringung der ver-

schiedenen Fluthwellen dienen können, doch wird die Beobachtung grade bei kleinen Verhältnissen besonders schwierig.

Vorzüglich interessante und gut beobachtete Erscheinungen dieser Art bietet die irische See und der englische Canal nebst dem südwestlichen Theile der Nordsee, worüber von dem Capitain Beechy[8]) eine kurze schriftliche, aber sehr ausführliche graphische Darstellung auf Grund sehr sorgfältiger Messungen vorliegt. Beechy hat an zahlreichen Punkten jener Meerestheile von verankerten Schiffen aus die Strömungen während der verschiedenen Fluthphasen mindestens 12 Stunden hindurch mit selbstregistrirendem Log messen lassen und danach für jede Stunde die beobachteten Stromrichtungen u. s. w. in verschiedene Karten eingetragen.

In der Fig. 1, Taf. XLIV sind aus diesen Beechy'schen Karten als Beispiel diejenigen Stromrichtungen durch Pfeile und punktirte Linien angedeutet, welche um 1 Stunde nach Hochwasser bei Dover stattfinden, während in der Fig. 2 derselben Tafel die von Beechy gemachte Zusammenstellung der sämmtlichen, von Stunde zu Stunde während der ganzen Tide erfolgenden Strömungen verbunden mit der jeweiligen Form der Fluthwelle, und zwar letztere gemittelt aus den Beobachtungen an der englischen und französischen Küste, wiedergegeben ist.

Aus den Beechy'schen Beobachtungen geht hervor, dass z. B. im südlichen Theil der Nordsee und im östlichen Theile des Canals die Fluthströme, der eine von Norden, der andere von Westen, anhaltend auf den Punkt Dover zufliessen, bis es daselbst Hochwasser geworden ist. Dann erfolgt über diesem ganzen Gebiet der Stromwechsel fast gleichzeitig, wogegen nach den Whewell'schen *cotidal lines* die Fluthwellen die durch die Meerenge von Dover getrennten beiden Hälften dieses Gebiets nur etwa in je 5 Stunden durchlaufen.

Beechy nennt dies Zusammenlaufen der Fluthströmungen bei Dover das „*meeting of the tides*". Er hat durch diese sowie die von ihm in der irischen See beobachteten Thatsachen erwiesen, dass die Unabhängigkeit der Stromrichtung von dem Gefälle des Wasserspiegels, wobei also zu Zeiten der Strom bergauf fliesst, nur die Folge von dem Zusammentreffen zweier oder mehrerer Fluthwellen ist. Die grösste Stromgeschwindigkeit hat er dabei stets zur Zeit der halben Tide oder des Mittelwassers gefunden.

Hinsichtlich der weiteren interessanten aber zu sehr localen Eigenthümlichkeiten der Strömungen des Canals, namentlich der drehenden Richtung, in welcher die Strömungen an einzelnen Stellen umsetzen *(revolving tides, rotatory streams)* muss auf Beechy's Mittheilungen, ferner auf einen Aufsatz in den Ann. des ponts et chaussées 1863 u. A. verwiesen werden.

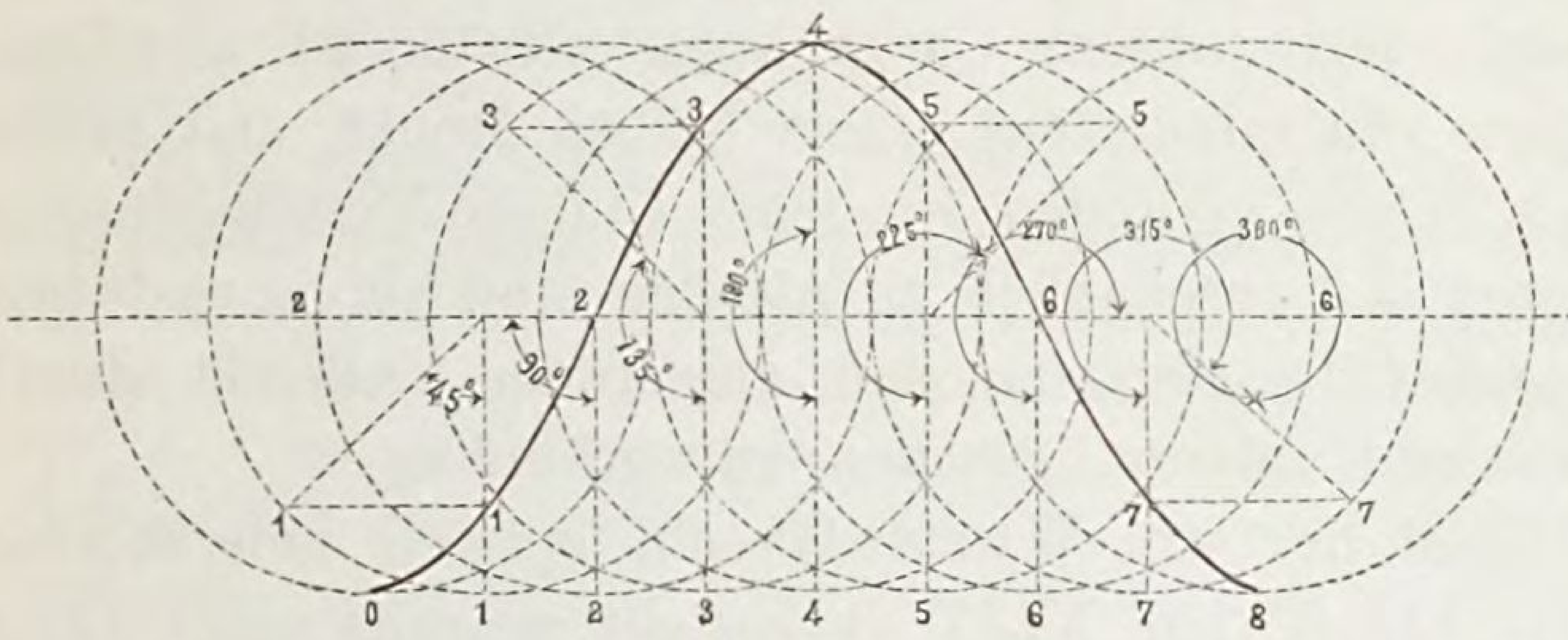
Endlich sei in dieser Hinsicht noch bemerkt, dass im südöstlichen Theil der Nordsee ähnliche Erscheinungen, welche durch das Zusammentreffen zweier Fluthwellen entstehen, vorkommen, indessen durch das Hinzutreten der von den deutschen Flüssen und Wattflächen abhängenden Strömungen noch weit complicirter werden und ihrer genaueren Darstellung noch entgegensehen.

Als die letzte der hier zu besprechenden wichtigen Erscheinungen der Fluth gilt das Gesetz des Steigens und Fallens an einem einzelnen Punkte. Dasselbe wird am deutlichsten ausgesprochen durch die sog. Fluthcurven des Ortes, in denen

[8]) Philosoph. transactions 1848 und 1851. Report of Observations made upon the Tides, tidal Streams etc. by Capt. F. W. Beechy.

im beliebigen Verhältniss zu einander die Zeiten als Abscissen, die Höhen als Ordinaten genommen werden. Aus dem oben § 11 über die flutherzeugende Kraft von Sonne und Mond für jeden Punkt der Erdoberfläche Gesagten lässt sich zeigen, dass derselbe analytische Ausdruck, welcher den täglichen Wechsel der Kraft und der Erhebung darstellt, in seinem variablen Theile zugleich die Ordinate der Sinuslinie ausdrückt. Diese Linie ist nach nebenstehender Fig. 5 leicht zu construiren dadurch, dass ein gleichmässig rollender Kreis, welcher nach einer vollen Umdrehung mit seinem gradlinig fortbewegten Mittelpunkt eine gewisse Strecke zurückgelegt hat, in gleiche Anzahl Theile wie jene Strecke zerlegt wird, und die über den Theilen der Strecke errichteten Ordinaten von den durch die betreffenden Theilpunkte des Kreises (d. i. die beim Fortrollen desselben verschiedene Höhe eines bestimmten Punktes) gezogenen Horizontalen geschnitten werden. Es ist dann die jeweilige Höhe der Fluth gleich dem *sinus versus* des Winkels, um welchen sich der Kreis bei seinem Fortrollen gedreht hat. Der Durchmesser des Kreises bedeutet für die Fluthcurve die Fluthhöhe, die Länge des horizontalen Weges bei einer Umdrehung die Fluthperiode.

Fig. 5.



Während nun allerdings die Fluthcurven von solchen Küstenpunkten, an denen eine einfache Fluthwelle wenig Veränderung gegen ihre Beschaffenheit im offenen Meere erleidet, dieser Sinuslinie durchaus gleichen, so weichen sie dagegen für alle solche Punkte, bei denen das Steigen unter anderen Verhältnissen als das Fallen geschieht (s. das folgende Capitel: Fluthgebiet der Flüsse) oder wo sich mehrere Fluthwellen treffen, ganz erheblich davon ab.

Als Beispiel können hier die in Fig. 10 und 11 auf Taf. XLIII dargestellten, mit einem selbstregistrirenden Pegel (s. Cap. V, § 24) gewonnenen Fluthcurven von Helder dienen. Die erstere Figur zeigt die gewöhnliche Form und Grösse der dortigen Fluthschwankung, wobei die sehr eigenthümliche Erscheinung eines doppelten oder sich in kurzer Zeit wiederholenden Hochwassers besonders zu beachten ist. Der Grund hiervon liegt in dem Begegnen der aus dem Canal und der Nordsee kommenden Fluthwellen. Eine sehr ähnliche Erscheinung findet bei Southampton statt, wo durch die Insel Wight die Fluthwelle des Canals (s. Fig. 1, Taf. XLIV) derart gespalten wird, dass der von Osten her um die Insel laufende Theil in der Mündung des Solent Flusses etwa 2 Stunden später Hochwasser zeigt als der andere Theil der Welle. Es tritt desshalb nach dem ersten Hochwasser etwa 1 Stunde lang Ebbe um etwa 22^{cm} ein, wonach das Wasser wieder in $1\,^1/_4$ Stunde bis reichlich zur ersten Höhe steigt, und darauf mit grosser Geschwindigkeit in 4 Stunden bis zum Niedrigwasser abfällt.

Die Fig. 11 der Taf. XLIII zeigt zwei während eines Sturmes aufeinanderfolgende Fluthcurven vom Helder. Während die Hauptform noch einige Aehnlichkeit mit der Form der gewöhnlichen dortigen Curven besitzt, liegt aber schon das Niedrigwasser über dem mittleren Hochwasser, und ausserdem ist die Wirkung des von Zeit zu Zeit stärker oder schwächer wehenden Windes aus den kleinen Hebungen und Senkungen ersichtlich. Bekanntlich kommen die Schwankungen der einzelnen Wellen

bei einem gut eingerichteten selbstregistrirenden Pegel nicht zur Darstellung, indem diese Schwankungen sich nicht bis in den Schacht, in welchen sich der Schwimmer befindet, erstrecken dürfen.

Nach den allgemeinen Betrachtungen über Ebbe und Fluth erscheint es als selbstverständlich, dass die Fluthcurven an einem Ort sich von einer Tide zur andern in ihrer Form verändern, dass sie besonders bei tauben Tiden gedrückter, bei Springtiden dagegen schlanker werden. Die mittlere Curve kann annähernd also erst aus dem Durchschnitt aller Curven von mindestens einem halben Monat, und genau erst aus dem Durchschnitt eines Jahres gefunden werden. Um die Verschiedenheit der Curven während einer längeren Zeit anschaulich zu machen sind sie in gedrängtem Zeit-Maasstabe hintereinander zu zeichnen und ausserdem vielleicht durch besondere Linien in ihren oberen und unteren Scheiteln zu verbinden.

In dieser Weise ist ein Theil der von Whewell sehr speciell untersuchten Fluthcurven von Plymouth in der Fig. 3, Taf. XLIV dargestellt, woraus nicht allein die halbmonatliche, sondern auch die tägliche Ungleichheit deutlich zu ersehen ist. Es möge dabei noch bemerkt werden, dass in Plymouth die tägliche Ungleichheit verschwindet vier Tage nachdem der Mond durch den Aequator gegangen ist, und ihren grössten Werth erhält vier Tage nachdem der Mond seine grösste Declination erreicht hat. Aus anderen von Whewell sowie von Lentz mitgetheilten Fluthcurven ist u. A. zu ersehen, dass allein durch die tägliche Ungleichheit zwei aufeinander folgende Curven vollständig unähnlich werden können.

Hat man Fluthcurven mehrerer Orte zu vergleichen, so trägt man sie am besten mit derselben Zeit anfangend nach gleichem Zeit- und Höhen-Maasstabe untereinander. Dies Verfahren findet namentlich Anwendung bei dem Fluthgebiet der Flüsse und muss in dieser Beziehung auf Cap. XV verwiesen werden.

Eine besondere Eigenthümlichkeit der Fluthererscheinungen an den meisten Beobachtungspunkten ist endlich noch, dass sich die Wirkung der Gestirne anscheinend verspätet. So verschwindet die tägliche Ungleichheit an einzelnen Punkten der englischen Küste erst sechs bis zwölf Tage, nachdem der Mond die Aequatorebene passirt hat, während die höchsten Springfluthen und tauben Fluthen an vielen Stellen erst ein bis drei Tage nach den Syzygien bezw. nach den Quadraturen auftreten.

Es ist daraus auf das sog. Alter der Tiden geschlossen oder auf die Zahl der Tage und Stunden, welche eine Fluthwelle gebraucht, um von ihrem „Entstehungsorte", an welchem man ein Zusammentreffen von Ursache und Wirkung beobachtete oder annahm, bis zu dem fraglichen Punkte zu gelangen.

Wenn es uns auch keineswegs unmöglich ist, dass die aus dem grossen Ocean stammende Fluthwelle, als die mächtigste und schnellste, die anderen kleineren Wellen überholt oder gewissermaassen verschlingt, und so ihre Wirkung auch bis in die nördlichsten Theile des atlantischen Oceans erstreckt, so muss doch daneben auch für wahrscheinlich gehalten werden, dass ähnlich der erst nach dem höchsten Stande der Sonne auftretenden grössten Tages- und Jahres-Wärme auch das grösste und kleinste Maass der Fluthεrhebung erst eine gewisse Zeit lang nach dem entsprechenden und für den betreffenden Ort der Erde rasch vorübergehenden Stand der Gestirne sich ausbildet. Die Erklärung hierfür wäre nur in der Trägheit oder in der Beibehaltung der eingeflössten Bewegung zu suchen.

Erst nachdem längere Zeit an weit zahlreicheren Punkten der Meeresküsten systematische Beobachtungen angestellt und mit einander verglichen sein werden,

lässt sich hoffen, über diese und viele andere dunkle Punkte der ganzen Fluthererscheinung ein klares Licht zu gewinnen.

§ 15. Säculare Fluth. Es sei hier am Schlusse der Betrachtungen über Ebbe und Fluth gestattet einer zwar noch nicht allgemein anerkannten, aber nichts destoweniger sehr glaublichen Hypothese zu erwähnen, nämlich der einer säcularen Fluth. Diese Hypothese rührt soviel bekannt von Schmick[9]) her, und beseitigt in Verbindung mit der von ihm auf denselben Grundlagen aufgebauten Theorie der Umsetzung der Eiszeiten die befremdliche Erscheinung der so ungleichen Vertheilung des Festlandes und Wassers, sowie der grossen Wärmedifferenz auf der nördlichen und südlichen Erdhälfte.

Beide Schmick'schen Theorien gehen davon aus, dass die Erdbahn in einem Zeitraume von 20800 Jahren sich einmal völlig um die im Brennpunkt der Ellipse befindliche Sonne bewegt dergestalt, dass in der Hälfte dieser Zeit die beiden Theile der grossen Achse, das Perihel und das Aphel, von dem festliegend gedachten Brennpunkt aus genau ihre Lage mit einander vertauschen. Da nun ferner die Erde selbst sich mit nahezu gleich bleibender Neigung ihrer Achse auf ihrer Bahn bewegt, so befindet sich nahezu 10400 Jahr lang zur Zeit der Sonnennähe der eine Pol mit seiner Umgebung auch der Sonne mehr zugeneigt als der andere Pol, bis sich nach dieser Periode für gleich lange Zeit das Verhältniss beider Pole umkehrt. Nun ist, wie im § 12 näher gezeigt worden, die Fluthwirkung um so grösser, je näher die Erde der Sonne steht, es wird also während der langen Periode von über 10000 Jahren constant die eine der beiden Halbkugeln grössere Sonnenfluthen und dadurch eine grössere Anhäufung von Wasser erfahren als die andere. Bekanntlich ist zur jetzigen Zeit der Südpol der während des Perihels der Sonne zugewandte Pol und zeigt desshalb die südliche Erdhälfte ungleich mehr Wasser als die nördliche. Da nach Schmick's Ansicht die grösste Differenz etwa 300^{m} beträgt und zwar die Hälfte als Erhebung, die Hälfte als Senkung gedacht, so ist klar, dass die meisten Flachländer der nördlichen Continente nach einer annähernd so grossen Hebung des Wassers auf der nördlichen Hälfte wieder überschwemmt sein würden, und dass nach den Tiefenmessungen in der Südsee dort in Folge entsprechender Senkung ebenso grosse Continente auftauchen müssten. Zur Zeit würde die grösste Hebung an der Südseite und Senkung an der Nordseite noch nicht beendet sein. Aus derselben Ursache der Verschiebung der Erdbahn, wird das Umsetzen der Eiszeiten erklärt. Die Jahreszeiten, insbesondere Winter und Sommer, beruhen hauptsächlich auf der schrägen Achsenstellung der Erde zu ihrer Bahn. Zieht man senkrecht zur grossen Achse der Erdbahn durch den einen von der Sonne eingenommenen Brennpunkt eine gerade Linie, so werden die dadurch entstehenden ungleichen Hälften der Erdbahn in ungleichen Zeiten durchlaufen, und zwar die grössere in einem um etwa 8 Tage grösseren Zeitraume als die kleinere. Wenn, wie es zur Zeit der Fall ist, der Südpol während des Aphels der Sonne abgewandt ist, also Winter hat, so hat er, wenn Aphel und grösste Abneigung von der Sonne gerade zusammentreffen, 8 Tage, während der Periode von rund 10400 Jahren also im Durchschnitt 4 Tage längeres Winterhalbjahr als der Nordpol. Dies macht für diese Periode 42000 Wintertage, bezw. Sommertage mehr, bedingt also sehr ungleiche Wärmevertheilung für die beiden Hälften innerhalb jener Perioden. Desshalb befindet sich zur Zeit auf der südlichen Hälfte schon bei 60 Grad südl. Breite in grosser Masse Eis, während dasselbe nördlich erst bei 75 bis 80 Grad auftritt. Weil aber Eisbildung und Aufthauen langsamer erfolgen als Anhäufung und Abströmen des Wassers durch Anziehungsunterschiede, so wirkt namentlich das Aufthauen des Wassers ausgleichend auf die Anhäufung und Senkung. Aus diesen beiden theoretischen Folgerungen lassen sich nun eine grosse Anzahl geologischer und physikalischer, anderweit nicht wohl erklärbarer Erscheinungen begreifen, oder umgekehrt als Belege für die Wahrheit jener Theorien anführen. So z. B. die namentlich durch Aggasiz nachgewiesene (mehrfach wiederholte) Eiszeit der nördlichen Hemisphäre, das bemerkbare Abschmelzen aller nördlichen Gletscher von denen eine grosse Anzahl bereits völlig verschwunden ist, das zunehmende Wüstenklima des nördlichen Afrikas, Arabiens u. s. w., welches zum grössten Theile auf das Aufhören des Meeres in der Sahara, zum kleineren Theile auf die zunehmende Wärme der Nordhälfte zurückzuführen sein würde, das Vorkommen fossiler Reste von Pflanzen und Thieren in nördlichen Breiten, welches nicht wohl allein durch grössere frühere Eigenwärme der Erde zu erklären ist, und endlich namentlich die eigenthümliche Bildung aller Kohlenlager, bei denen jede Kohlenflötzelage einen stetigen Wechsel

[9]) Schmick, J. H. Umsetzungen der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde, ihre Ursachen und Perioden, Köln 1869, sowie mehrere denselben Gegenstand betreffende späteren Schriften desselben Verfassers.

von reinem Seewasser, Brackwasser, Süsswasser, Brackwasser und wiederum Seewasser ergiebt, und deren zahlreich übereinander vorkommende Flötze und Zwischenmittel nur aus ebenso häufigem Wechsel von Land und Meer zu erklären sind, wofür aber die Lyell'sche Hypothese des Hebens und Senkens der Erdkruste weniger glaubhaft erscheint. Zahlreiche andere, mehr dem Gebiet der Botanik und Zoologie angehörige Belege, sind von Schmick in dessen neueren Schriften noch aufgeführt.

§ 16. Meeresströmungen. Wenn auch die specielle Kenntniss der Strömungen des Meeres nach ihrer örtlichen Lage, Richtung oder ihrem sonstigen Verhalten weit mehr für den Seemann als für den Bau-Ingenieur von praktischer Bedeutung ist, so üben doch auch gewisse Strömungen einen solchen Einfluss auf die Erhaltung der Ufer sowie die Zugänglichkeit einzelner Häfen aus, dass auch der Bau-Ingenieur gezwungen ist, sich über derartige Strömungen zu unterrichten. Hierzu ist aber ausser genauer Localkenntniss und wiederholter Beobachtung besonders die allgemeine Kenntniss der Entstehungsursachen und gewisser eigenthümlicher Erscheinungen unentbehrlich.

Von den sicher bis jetzt erkannten Ursachen, dem Ausmünden der Flüsse des Festlandes, der Ebbe und Fluth, dem Winde und dem verschiedenen specifischen Gewicht des Wassers, wovon nachher im Einzelnen weiter die Rede sein wird, wirken insbesondere in der Nähe der Küsten oft mehrere zusammen, wenngleich nicht stets in einem Sinne, so dass zuweilen nach Ablauf einiger Zeit eine erhebliche Aenderung des ursprünglichen Verhaltens bis zum völligen Umsetzen der Strömung beobachtet wird.

Wie die Strömungen nun manchmal nach ihrer Entstehungsursache benannt werden, so tragen sie auch oft rein zufällige Eigennamen. In allen Fällen aber werden sie, abweichend von der Benennung der Winde, hinsichtlich ihrer Richtung nach derjenigen bezeichnet, wohin sie gehen und nicht woher sie kommen, so dass unter westlicher Strömung eine von Osten nach Westen gehende zu verstehen ist. Endlich werden die Ströme warme oder kalte genannt, je nachdem ihr Wasser wärmer oder kälter als das sie umgebende Wassergebiet ist. Da, wie weiter unten ausgeführt wird, die Ströme oft weite und sehr verschiedene Meeresgebiete durchlaufen, so kann die Bezeichnung nach der Temperatur bei ein und demselben Strome wechseln.

Ihre Geschwindigkeit ist selbstverständlich sehr verschieden, oft kaum in kurzer Zeit zu beobachten und erst durch langdauernde Wirkung bemerkbar, oft dagegen auch den Strömen des Festlandes kaum nachstehend. Sie wird jedoch abweichend von der bei diesen gebräuchlichen Bezeichnung, meistens dem seemännischen Gebrauch entsprechend durch Knotenzahl ausgedrückt (siehe § 1).

An Mächtigkeit, insbesondere an Breite übertreffen einzelne von ihnen die Festlandströme so sehr, dass kaum noch ein Vergleich passend erscheint. So hat z. B. der Golfstrom an einigen Stellen 80 Seemeilen Breite bei einer Maximal-Geschwindigkeit von etwa 3 Knoten oder ebensoviel Seemeilen in der Stunde und einer Tiefe von kaum 100 Faden, während die ganze von ihm bewegte Wassermasse auf 250 Kubikmeilen täglich geschätzt wird. Es ist leicht begreiflich, dass solche Ströme weil nicht durch feste Ufer eingeschlossen, sondern nur von meistens stillstehendem Wasser begrenzt, sich soweit auszubreiten suchen, bis ein unmerklicher Uebergang vom bewegten bis zum ruhigen Wasser erfolgt und dass auch im Allgemeinen eine allmähliche Abnahme von der Mitte nach den Seiten hin stattfindet. Dagegen wird nicht allgemein, wie bei den Strömen und den kleinsten Bächen des Festlandes Regel ist, auch die Geschwindigkeit von oben nach unten hin abnehmen, indem bei einigen

der wirksamste Impuls zur Bewegung von der Tiefe her ausgeht und selbst unter Umständen Strömungen verschiedener Richtung übereinander hinweggehen.

Eine allgemeine Eigenschaft jedoch aller mehr die Richtung eines Meridians als eines Breitengrades verfolgenden Strömungen ist, dass sie, wenn nicht durch andere Ursachen verhindert, in Folge der verschiedenen Rotationsgeschwindigkeit der Breiten veranlasst werden ihre Richtung zu ändern.

Es kommt nämlich alles aus niederen zu höheren Breiten fliessende Wasser in jedem Augenblicke an einen Ort von geringerer Rotationsgeschwindigkeit. Jedes Wassertheilchen besitzt also vermöge der Trägheit das Bestreben, in jedem neuen Augenblicke eine mehr östliche d. h. von Westen nach Osten (entsprechend der Drehungsrichtung der Erde) gekehrte Richtung anzunehmen. Umgekehrt wird jedes aus höheren in niedere Breiten gelangende Theilchen in jedem Augenblicke eine mehr westliche Richtung verfolgen. Die geänderte Richtung ist offenbar die Resultante aus dem ursprünglichen Wege für die Zeiteinheit und der in derselben Zeit gewonnenen oder verlorenen Rotationsgeschwindigkeit. Je geschwinder und genauer daher ein Wasserelement die Richtung eines Meridians verfolgt, um desto grösser ist die gleichzeitige Ablenkung.

Da die Rotationsgeschwindigkeit am Aequator etwa 464^{m} pro Secunde oder rund 232 geogr. Meilen pro Stunde ist und im Durchschnitt mit jedem Breitengrade um rund 5^{m} pro Secunde oder 2,5 geogr. Meilen pro Stunde abnimmt, so würde also ein ursprünglich in der Meridianrichtung mit 2^{m} pro Secunde oder rund 1 geogr. Meile pro Stunde Geschwindigkeit fliessender Strom sich nach 15 Stunden um 2,5 geogr. Meilen und nach 1 Stunde um rund $\frac{2,5}{15} = {}^{1}/_{6}$ geogr. Meile $= 1238^{m}$ oder nach 1 Secunde um rund $0^{m},35$ östlich oder westlich versetzt haben.

Dieselbe Erscheinung findet bekanntlich mit allen Luftströmungen statt und wird theoretisch gewiss nicht mit Unrecht auch von den Flüssen des Festlandes behauptet, obgleich bei diesen wegen der ihnen durch die unregelmässige Gestaltung der Erdoberfläche aufgezwungenen Hauptrichtung wohl nirgends ein evidenter Beweis in der Natur zu constatiren sein dürfte. Dennoch deuten die bei vielen nordwärts gerichteten Flüssen der nördlichen Hemisphäre vorkommenden steilen Hochufer an der Ostseite und angeschwemmten Niederungen auf der Westseite, z. B. ganz auffallend am Nil, auf diese Wirkung der Erdumdrehung hin.

§ 17. Die Ursachen und Erscheinungen der Strömungen. Vom Festlande aus erscheint als nächstliegende Ursache offenbar die Ausmündung der Flüsse. Dieselbe ist je nach dem eigenen wechselnden Zufluss derselben von wechselnder Stärke und Ausdehnung. Dabei ist ausserdem schwer zu bestimmen, wo der Fluss aufhört und das Meer anfängt, vergl. Fig. 1, Taf. XLV. Die einfachste Bestimmung dieser Grenze wäre theoretisch wohl dadurch zu erreichen, dass die Meeresuferlinie von der einen zur anderen Seite des Flusses verlängert würde. Indessen macht oft praktisch die unregelmässige Gestaltung der Ufer, insbesondere das weite Vorspringen eines derselben vor dem anderen diese Bestimmung unmöglich. Ebensowenig würde die Beschaffenheit des Wassers, ob süss oder salzig, ein sicheres Merkmal abgeben, weil auch hierin ein allmählicher und nach dem jeweiligen Zufluss vom Lande her wechselnder Uebergang stattfindet. Es lagert sich ausserdem das leichtere Süsswasser ohne erkennbare Strömung bei windstillem Wetter noch viele Seemeilen weit vor der Küste über dem Seewasser ab, indem die Dicke seiner Schicht immer mehr und mehr abnimmt.

Wesentlich anders stellt sich die Sache bei solchen Flüssen und Meeren, welche der Ebbe und Fluth unterworfen sind. Hier findet ein ziemlich regelmässig wechselndes Aus- und Einströmen statt, worüber in Hinsicht auf die Fluthverhältnisse im Cap. XV die Rede sein wird. Da nun, abgesehen von zeitlichen Schwankungen, im Allgemeinen der Ausfluss während der Ebbe gleich der während der Fluth voraufgegangenen Einströmung nebst dem oberen Zufluss sein wird und die Menge des während einer Fluth einströmenden Wassers meistens weit erheblicher als der stärkste obere Zufluss ist, so hat vorzugsweise die Meeresfluth Einfluss auf die Stärke der Strömungen vor den Flussmündungen.

Das oft auf grosse Entfernungen vor der Mündung in die See bemerkbare Einströmen des Fluthwassers wird wohl Saugen genannt und ist vor den meisten deutschen und englischen in die Nordsee mündenden Flüssen eine sehr bekannte und für die Schiffahrt bedeutungsvolle Erscheinung.

Sehr ähnlich diesen Strömungen sind diejenigen, welche ohne die Nähe einer Flussmündung durch die an- und ablaufende Fluthwelle erzeugt werden. Hier ist namentlich das Vorhandensein tiefer Meeresbuchten oder dem Festlande nahe gelegener Inseln von Bedeutung. Auch hierbei wird bei jeder Tide der Strom umsetzen und eine veränderliche Stärke erhalten. In ganz besonders kräftiger Form treten diese Strömungen in der Nähe der eine ganze Kette bildenden ostfriesischen und holländischen Inseln auf, welche im Durchschnitt etwa 10 bis 15^{Km} von der Küste entfernt sind und mit dieser überaus seichte, bei Niedrigwasser zum Theil trocken laufende Wasserflächen, die sog. Watten, einschliessen. Indem sich diese weit über $1000 \square^{Km}$ grossen Flächen täglich zweimal mit einer neuen Wasserschicht von 2 bis 3^m Höhe bedecken und die Zu- und Abströmung nur durch etwa 10 Oeffnungen erfolgt, so ist die in denselben zeitweilig sehr lebhafte und trotz ihrer raschen Ausbreitung weithin bemerkbare Strömung sowie die stellenweis bis an 15 Faden oder 30^m reichende Tiefe der sog. Seegaten leicht erklärlich.

Die Einwirkung des Windes auf die Meeresströmungen ist zwar ursprünglich eine unmittelbare und gleichartige, nämlich die des Fortschiebens der Oberfläche durch Reibung. (Vergl. § 4 und 19.) Aus dieser mit der Richtung des Windes übereinstimmenden Bewegung des Wassers entsteht jedoch unter Umständen eine entgegengesetzte durch den Rückfluss des zuvor hingetriebenen Wassers. So findet namentlich in Buchten oder gar in nur durch eine enge Oeffnung vom Meere abgetrennten Becken z. B. den Haffen der preussischen Ostseeküste oder in weiten Strommündungen eine bedeutende Anhäufung des Wassers durch directe Einwirkung des von der See landeinwärts gerichteten Sturmes statt, welche in den engeren Profilen eine entsprechende Strömung landeinwärts veranlasst. Spätestens nach dem Aufhören des stärkeren Windes tritt dann ein Zurücklaufen der Wassermassen ein. Unter Umständen kann sogar gleichzeitig das Wasser in seiner Oberfläche durch den Wind fortgeschoben, dagegen in der Tiefe durch das entstandene Gefälle zum Rückfluss gegen die Windrichtung bewegt werden. Die meisten Ostseehäfen der deutschen Küste verdanken dem Vorhandensein grösserer Wasserbecken und dem Aus- und Einströmen des vom Winde hineingetriebenen Seewassers in ähnlicher Weise ihre Zugänglichkeit, wie die Nordseehäfen der Ebbe- und Fluthströmung.

Der direkt fortschiebenden Wirkung des Windes werden dagegen zum grossen Theile die sog. Drift- oder Trift-Strömungen grosser Oceane zugeschrieben. In den Aequatorialgegenden wehen bekanntlich die östlichen Passate sehr regelmässig

und erzeugen die äquatoriale Driftströmung, während die in höheren Breiten vorherrschenden westlichen Winde, namentlich in den ausgedehnten antarktischen Meeren eine östliche Driftströmung hervorrufen.

Die letzte und wohl die bedeutendsten Strömungen erzeugende Kraft ist die durch verschiedenes specifisches Gewicht des Seewassers hervorgebrachte Gleichgewichtsstörung. Die Ursachen der Verschiedenheit des specifischen Gewichts sind allerdings nicht die nämlichen und bestehen in dem ungleichen Salzgehalt und der verschiedenen Temperatur des Seewassers in den einzelnen Meeresregionen. Es enthält bekanntlich das Wasser der offenen See einen gewissen Grad von mineralischen Beimischungen, insbesondere von Kochsalz oder Chlornatrium. (Vergl. § 22). Derselbe variirt aber sehr, einmal durch die Menge des vom Festlande zuströmenden Süsswassers, welches sich in fast geschlossenen Meeren wie z. B. der Ostsee, dem schwarzen Meere u. s. w. bedeutend ansammeln kann, sodann aber durch die ungleiche Verdunstung der unter verschiedener Breite liegenden und der Sonnenwärme ungleich ausgesetzten Meerestheile. Diese Wirkung wird um so bedeutender, wenn die einer starken Verdunstung unterworfenen und nicht in gleichem Maasse durch Süsswasser wieder gespeisten Meerestheile von den die Beschaffenheit des Wassers ausgleichenden Bewegungen grosser oceanischer Flächen fast ausgeschlossen sind, wie z. B. das Mittelmeer und das rothe Meer. Wenn diese beiden genannten Meeresbecken nicht noch durch enge Mündungen mit den offenen Oceanen in Verbindung ständen, so müsste bei dem verhältnissmässig viel zu geringen Zuflusse vom Festlande sehr bald eine ähnliche Spiegelsenkung unter das allgemeine Niveau des Meeres erfolgen, wie bei dem kaspischen Meere, dem Aralsee u. s. w. Da nun das Seesalz nicht mit verdunstet, so entsteht nicht allein durch die Spiegelsenkung ein Zuströmen des Wassers in diese Becken hinein, sondern auch wegen des grösseren specifischen Gewichts des in ihnen zurückgebliebenen Wassers zugleich ein Ausströmen. Beide Strömungen erfolgen begreiflicherweise übereinander, so dass die Einströmung des leichteren Wassers oben, die Ausströmung des schwereren unten geschieht.

In weit ausgedehnterem Maasse als bei diesen nur auf geringe Entfernungen bemerkbaren Strömungen finden Gewichtsausgleichungen in Folge verschiedener Erwärmung statt. Während das Wasser in den Tropen eine Temperatur von etwa 30° C annimmt, befindet es sich in den Meeren höherer Breiten oft nicht weit über dem Gefrierpunkt. Bei der grossen Beweglichkeit des Wassers, den ungeheuren Profilen der Oceane muss demnach trotz der allmählichen Uebergänge der Temperatur in ähnlicher Weise wie in dem Luftmeere ein oberes Abströmen vom Aequator nach den Polen und ein unteres Rückströmen von diesem zum Aequator erfolgen. Bei diesen ausgedehnten Strömungen kommt nun ganz vorzüglich, wie bereits am Ende des vorigen Paragraphen bemerkt, die verschiedene Rotationsgeschwindigkeit der in jedem Augenblicke in andere Breiten gelangenden Wassertheile dergestalt zur Geltung, dass wie bei den Winden die nach den Polen gehenden nördlichen und südlichen warmen Strömungen eine östliche, die nach dem Aequator gehenden südlichen und nördlichen kalten Strömungen eine westliche Ablenkung erfahren.

Ausserdem tritt auch bei diesen Strömungen wie bei den durch ungleichen Salzgehalt erzeugten oft die Erscheinung einer oberen und unteren, nach verschiedener Richtung gehenden Strömung auf. So werden z. B. in der Nähe der Neufundlandsbank durch den kalten und daher tief gehenden arktischen Strom ungeheure, beim Beginn des Sommers von den Gletschern Grönlands abgerissene Eisberge fortge-

trieben, und zwar stellenweise genau in der entgegengesetzten Richtung des über jenen kalten Strom nach Nordosten fliessenden warmen Golfstromes. Indem die von dem letzeren erwärmte und feuchterhaltene Luft durch ihre Abkühlung an den Eisbergen dichte Nebel bildet und die Schiffe der oberen Strömung folgend dem Eise entgegengetrieben werden, entstehen die jedem Schiffer bekannten Gefahren der Neufundlandsbank.

Wohl fast alle diese durch Temperaturverschiedenheit entstandenen Strömungen kommen von weit entfernten Punkten, bilden dabei aus zwei entgegengesetzten Hälften ein sich im Gleichgewicht befindendes Ganzes und bewegen sich daher, abgesehen von einzelnen durch Untiefen und Küsten verursachten Abweichungen, in geschlossenen Bahnen.

Wenn nicht andere Strömungsursachen hinzutreten, so müsste für die nördliche Halbkugel diese Bahn eine solche sein, wie sie z. B. in der Ostsee stattfindet, nämlich von Norden her mit dem kalten südlichen Strom anfangend, der nach Westen, soweit es die vermehrte Rotationsgeschwindigkeit fordert und die Küsten gestatten, abgelenkt wird, bis er zur Ergänzung des von Süden kommenden warmen, nördlichen, aber östlich abgelenkten Stromes in diesen durch östliche Richtung übergeht, während ebenfalls im Norden sich der Uebergang aus dem warmen in den kalten Strom vollzieht.

Wo aber, wie in den Aequatorialgegenden starke westliche Driftströmungen auftreten, wird auch z. B. für die nördliche Halbkugel der warme nördliche Strom sich aus der westlichen Aequatorialdriftströmung durch allmähliche nördliche Ablenkung entwickeln, bis er endlich vermöge der Erdrotation in die östliche Richtung übergehen und das vom Pole durch den kalten südlichen Strom kommende Wasser wieder ersetzen kann. Indem nun aber der kalte Strom die westliche Küste aufsuchen wird, so folgt z. B. im atlantischen Ocean das bei dem kalten Strom mit dem Golfstrom beobachtete Kreuzen und Uebereinanderfliessen an der Ostküste Nordamerikas als der westlichen Küste des atlantischen Oceans, während ein Theil des Golfstromes sich südöstlich so weit von dem nordöstlichen Theile abzweigt, dass er zur Ergänzung des von der Westküste Afrikas sich fortbewegenden allmählich anwachsenden Aequatorialstromes dienen kann. Zweifellos wird der kalte südwestliche Strom, da er der über ihn hinweggehenden Strömung entgegengesetzt ist, allmählich von dieser durch verticales Aufsteigen des Wassers aufgesogen oder zurückgeleitet, indem sonst eine in hohem Maasse nicht denkbare Anhäufung des Wassers entstehen müsste.

In ähnlicher Weise müssen auch bei den durch ungleichen Salzgehalt entstandenen Strömungen allmählich verticale Ausgleichungen vorkommen.

Nach allem diesen sind also sowohl die Entstehungsursachen als auch die Ablenkungen und Aenderungen der Strömungen sehr mannigfaltig und erfordern daher im Einzelnen wie im Allgemeinen ein eingehendes Studium. Erst durch die seit einigen Decennien zu einem wichtigen Zweige der gesammten Geographie erhobene Hydrographie wird es möglich werden die sämmtlichen einzelnen Erscheinungen der Meeresströmungen genauer zu constatiren, als es zur Zeit noch der Fall ist.

Für specielleres Studium seien hier besonders verschiedene Aufsätze in den geographischen Mittheilungen von Petermann empfohlen.

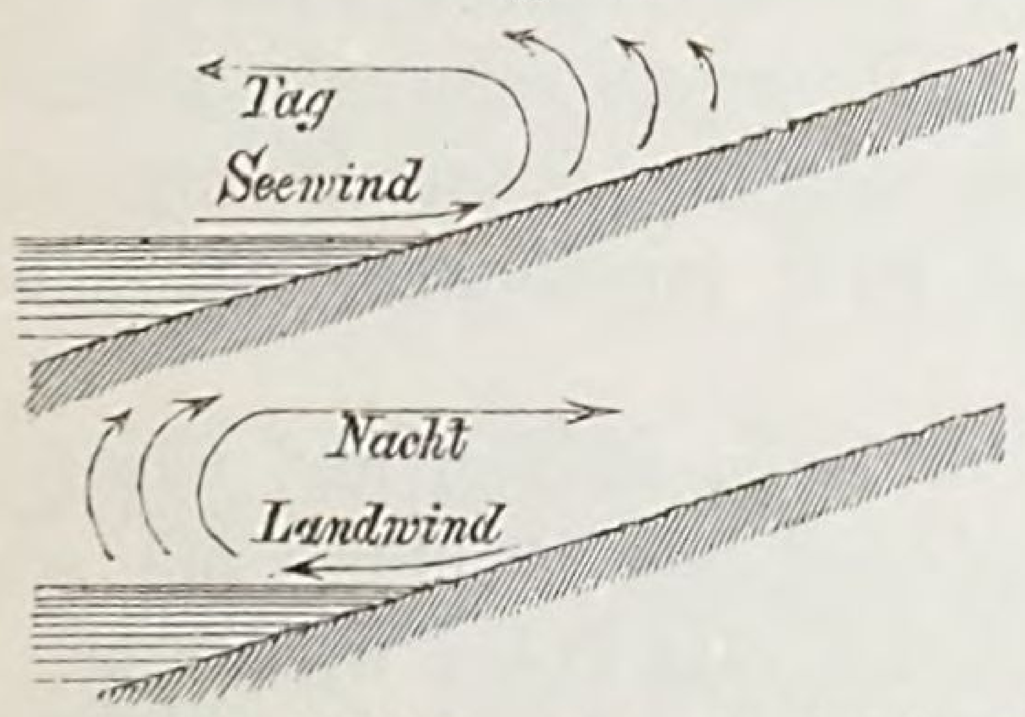
§ 18. Winde. Ursachen und Erscheinungen. Es kann begreiflicherweise hier nicht versucht werden, eine erschöpfende oder auch nur alle wichtigeren physikalischen Erscheinungen enthaltende Untersuchung über die Entstehung und das

Verhalten der Winde zu geben; es ist jedoch in Bezug auf die Bauthätigkeit an den Meeresküsten und für die Schiffahrt in der Nähe der Häfen durchaus nothwendig, eine gewisse Einsicht auch in dieses subtile Fach der allgemeinen Naturwissenschaft zu gewinnen. Schon allein die Abhängigkeit der Wasserstände von den Winden genügt, um die Nothwendigkeit einer solchen Kenntniss klar zu machen.

Die bis jetzt vorzugsweise erkannte Ursache der Luftbewegung oder des Windes ist ungleiche Dichtigkeit, also verschiedenes specifisches Gewicht neben oder übereinander gelagerter Luftmassen. Dabei gilt als allgemeines Gesetz, dass dieselbe Luftmenge durch Erwärmung ein grösseres Volumen und ein diesem entsprechendes geringeres specifisches Gewicht anzunehmen sucht. Dieser Expansionskraft gegenüber steht der aërostatische Druck, welcher von der wechselnden Höhe der Atmosphäre und der Dichtigkeit der Luftschichten abhängt. Wie weiter unten angegeben ist, wirkt jedoch ausserdem die veränderliche und von der Wärme abhängige Dampfspannung mit auf den Druck und daher auch auf die Bewegung der Luft ein. Die einzige in Betracht kommende directe Wärmequelle ist die Sonne, deren Wirkung indess sowohl von der Oberfläche des Landes als auch des Meeres reflectirt.

Durch die Nachbarschaft des Landes und Meeres, insbesondere durch das Vorhandensein grosser, stark erwärmter Continente in den Tropengegenden und benachbarter weniger warmen Oceane, sowie durch das zeitweilig umgekehrte Verhältniss in den Polargegenden und den höheren Breiten, durch das bald allmählich bald aber mit explosionsartiger Geschwindigkeit auftretende Aufsteigen erwärmter Luftmassen und Niedersinken kälterer, sowie endlich durch die Umdrehung der Erde lassen sich fast alle vorkommenden Erscheinungen sowohl leichter Winde als verheerender Stürme erklären. Die einfachste und bekannteste Erscheinung bieten die täglich wechselnden Land- und Seewinde, welche freilich nur an übrigens windstillen Tagen besonders deutlich hervortreten, dagegen durch Winde von grösserer Stärke und Ausdehnung verdeckt oder ganz aufgehoben werden. Während sich nämlich die schnelle und starke Erwärmung des festen, namentlich des pflanzenlosen Bodens im Laufe des Tages der darüber liegenden Luftschicht mittheilt und diese durch Ausdehnung leichter macht, bleibt die über dem viel Wärme verschluckenden Meere befindliche Luftschicht kälter und schwerer. Es entsteht dadurch am Morgen allmählich wachsend und am stärksten in den Nachmittagsstunden ein Aufsteigen der Luft über dem Lande und ein entsprechendes Zuströmen derselben von der See, gewissermaassen ein senkrechter Wirbel nach Fig. 6. Bei Nacht findet dagegen nach einer windstillen Pause aus oben angeführten Gründen das Umgekehrte statt. Da die Luftströmungen direkt nur an der Oberfläche der Erde zu merken sind, so nennt man die Tageserscheinung den Seewind, die Nachterscheinung den Landwind.

Fig. 6.



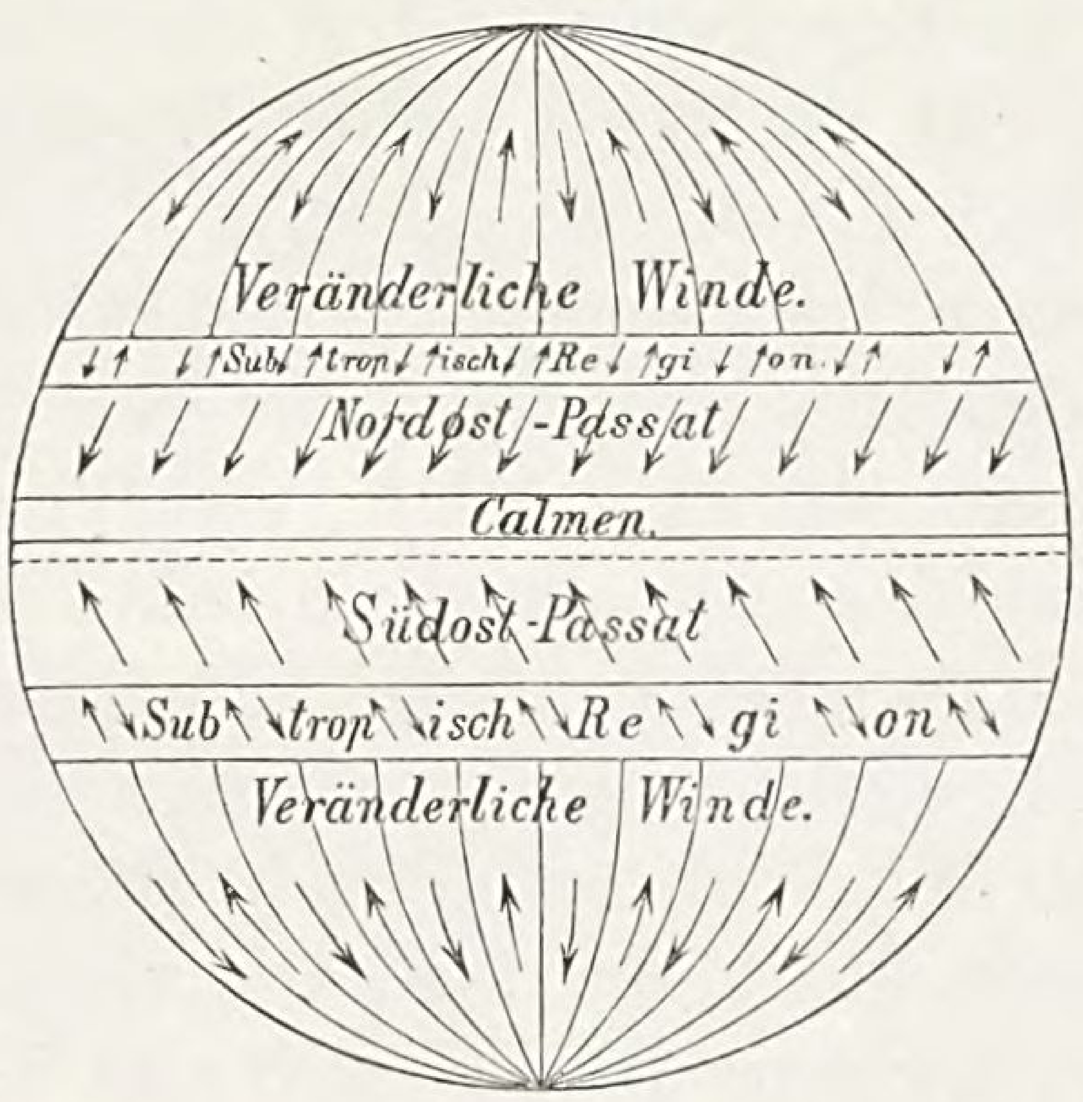
Aehnlich aber bedeutend grossartiger ist die Entstehung der Monsune, welche an vielen Stellen der Erde, am stärksten und regelmässigsten am indischen Ocean auftreten. Dort trennt der Aequator nahezu den asiatischen Continent vom indischen Meere. Sobald der erstere Sommer hat, ist es über dem andern Winter und umgekehrt. Dabei treten sowohl Sommer als auch Winter über grossen Theilen Asiens mit besonderer Strenge auf. In Folge dessen wehen in der Zeit von Mai bis October vorwiegend südliche Seewinde, vom November bis April nördliche Landwinde, und

zwar ausser in den von Gewittern und Stürmen unterbrochenen Uebergangspausen mit einer alle anderen Wechsel nahezu ausschliessenden Gleichmässigkeit.

Wo diese Nachbarschaft von ungleich erwärmtem Land und Meer oder auf dem Festlande der Wechsel von Gebirgen und Thälern weniger wirksam, da treten die aus der Ausgleichung der warmen Aequatorialluft und kalten Polarluft entstehenden Passate hervor, am stärksten also über den beiden grossen die nördliche und südliche Halbkugel verbindenden Oceanen. Schon aus ihrer Entstehung ergiebt sich, dass die Passate mit ihren verschiedensten Ablenkungen, sowohl der räumlichen Ausdehnung nach als auch hinsichtlich ihrer Dauer, die allgemeinste und verbreitetste Gattung aller Winde bilden müssen.

Zur Veranschaulichung ihrer Richtungen diene die nebenstehende Fig. 7, welche indess nur eine schematische Bedeutung besitzt. Es darf ferner hinsichtlich der Ablenkung aller ursprünglich in der Richtung der Meridiane wehenden Winde durch die Erdrotation auf das in § 17 über die Ablenkung der Meeresströmungen Gesagte Bezug genommen werden, indem beide Erscheinungen in ihrem Wesen identisch sind. Die Passate haben ausserdem mit den durch die Temperaturunterschiede entstandenen Meeresströmungen die grosse Aehnlichkeit, dass sich bei beiden zwischen der Aequatorialgegend und den Polargegenden (theoretisch) geschlossene Bahnen oder Wirbel bilden, wobei indess die Luftströme leichter als die Meeresströme eine von der horizontalen Lage abweichende Richtung annehmen und daher sich häufiger übereinander bewegen und kreuzen als jene.

Fig. 7.



Wie Fig. 7 angiebt, findet sich auf jeder Seite des Aequators eine etwa 1200 Seemeilen breite Zone, über welcher das ganze Jahr hindurch mit grosser Stetigkeit nordöstliche oder südöstliche Winde, die Nordost bezw. Südost-Passate, oder die von den Polen zurückkommenden kälteren und desshalb tief liegenden Strömungen wehen. Zwischen diesen beiden Passaten zieht sich der durch Gewitter, Windstillen und gewaltige Niederschläge berüchtigte Calmengürtel parallel zum Aequator hin, in welchem die aus den Passaten kommende, inzwischen wieder stark erwärmte und mit Wasserdampf geschwängerte Luft aufsteigt. Diese Calmenzone schwankt jährlich in Folge der Declination der Sonne, liegt aber wegen der ungleichen Wärme der Nord- und Südhälfte stets nördlich vom Aequator, und zwar im Sommer auf 4 bis 12 Grad nördl. Br., im Winter auf 3 bis 6 Grad.

Die emporgestiegene Luftmasse theilt sich in der Höhe südlich und nördlich und fliesst beziehungsweise in südwestlicher und nordwestlicher Richtung als sog. zurückkehrende Passate über den eigentlichen Passaten den Polen wieder zu.

In der Nähe der Wendekreise findet sich wiederum ein schmaler, wegen des hier vermehrten Einflusses der Sonnendeclination aber in seiner Lage viel veränderlicherer Calmengürtel, die subtropische Zone genannt, welcher ebenfalls durch Stillen und Niederschläge ausgezeichnet ist und durch das Niedergehen der aequatorialen Luft oder des zurückkehrenden Passats gebildet wird. Derselbe hat sich nämlich auf seinem Wege von der Aequatorialgegend her bereits erheblich abgekühlt und findet ausserdem bei dem Fortschreiten in die höheren Breiten ein sich rasch

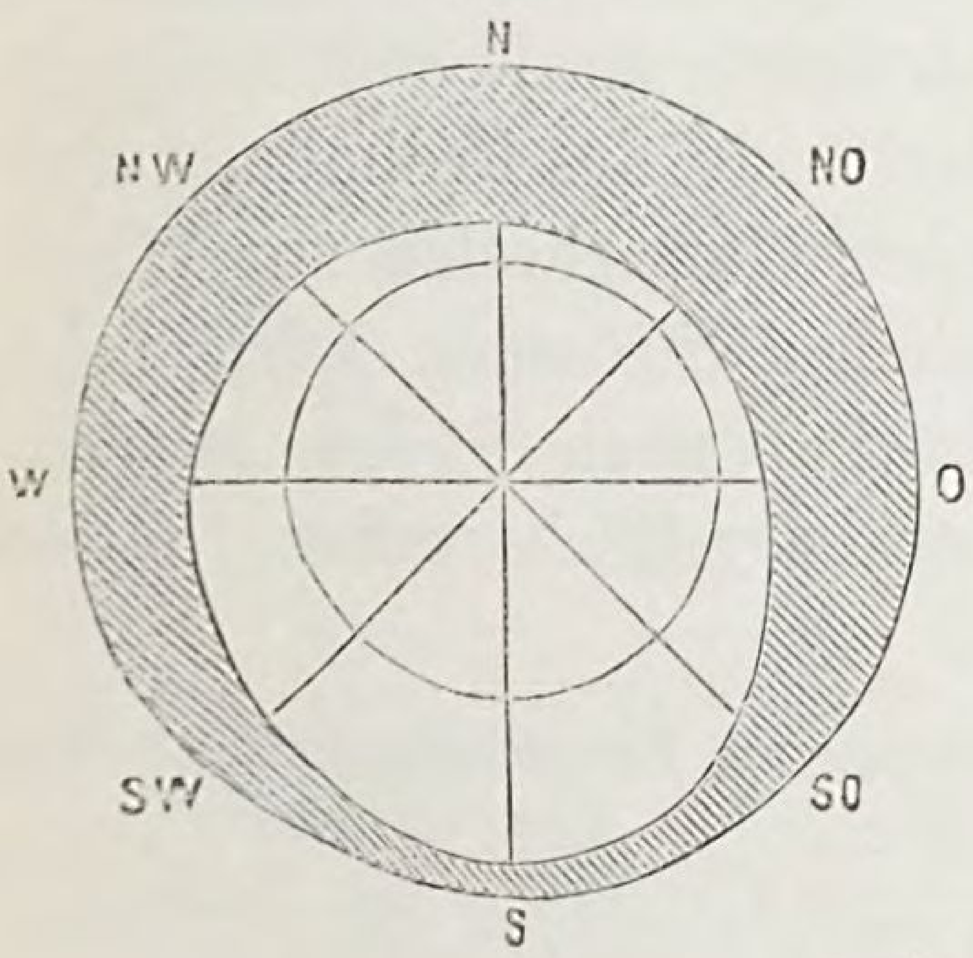
verengendes Bett, wogegen die polaren Luftströme in immer weitere Betten gelangen. Es muss desshalb ein verticales Durcheinanderzwängen der beiden Strömungen erfolgen, welches begreiflicherweise eine grosse Veränderlichkeit der Winde in den höheren Breiten, die Zonen der veränderlichen Winde, hervorruft. Es entstehen hier nämlich bald Stauungen, bald Verdünnungen der bald der Aequatorialgegend, bald den Polargegenden entstammenden Luftmassen, wie sich dies zunächst in dem häufigen Schwanken des Thermometers und Barometers am deutlichsten bemerkbar macht. Ueber der Zone der veränderlichen Winde, zu welcher ganz Europa gehört, ist demnach fast stets das Luftmeer sowohl in seiner Oberfläche uneben gestaltet als auch in seinem Innern ungleich dicht und dabei von den verschiedensten Strömungen durchzogen. Die vorzüglich durch das Zusammendrängen dieser Strömungen entstehenden Anhäufungen der Luft geben für die barometrische Beobachtung die sog. Luftdruckmaxima, die hauptsächlich durch das Auseinandergehen der Strömungen erfolgenden Senkungen die Minima. Beide verschieben sich fortwährend in grösserer oder geringerer Entfernung von einander den Aenderungen der Strömungen gemäss.

Nach der Theorie Dove's über den Einfluss der Dampfspannung auf die Grösse des Luftdrucks muss es dabei wohl als ausgemacht gelten, dass auch die sehr veränderliche Dampfspannung den Barometerstand erhöht, je stärker sie augenblicklich ist. Es ist indessen dabei wieder zu beachten, dass die Erwärmung der Luft zwar diese selbst leichter macht, aber auch gleichzeitig in ihr die Dampfspannung steigert.

Nur so lassen sich die erheblichen täglichen Schwankungen der Barometerstände in den Tropengegenden erklären, während in den höheren Breiten die täglichen Schwankungen fast ganz durch die unregelmässigen, aus den schon vorhandenen Luftströmungen entstehenden und daher nach Tagen und Wochen wechselnden Schwankungen verdrängt werden. Nicht minder wird nur darnach erklärlich, dass die mittleren Barometerstände am Aequator und die in der höheren Breite von etwa 50° nahezu gleich sind nämlich = 760^{mm}, während unter den Wendekreisen etwa 764 und an den Polen nur 754 im Mittel stattfinden. Die tiefsten Stände gehen überall etwa bis 700 hinab, wogegen die höchsten Stände das Maass von 800 wohl nirgend erreichen.

Für Westeuropa gilt nach Dove das Gesetz, dass das Barometer bei Ost-, Südost- und Südwinden fällt, bei Südwest aus Fallen in Steigen übergeht, bei West-, Nordwest- und Nordwinden steigt und bei Nordost aus Steigen in Fallen übergeht. Durch Auftragung der mittleren Barometerstände nach den Windrichtungen ergiebt sich für Westeuropa die mit jenem Gesetze übereinstimmende, in nebenstehender Fig. 8 dargestellte barische Windrose, worin die schraffirte Fläche die mittleren Barometerstände ausdrückt.

Fig. 8.



Es sei endlich hier noch auf den von Pater Secchi erfundenen Barograph hingewiesen, welcher alle Barometerstände eines Ortes continuirlich graphisch selbstregistrirt. Dieser Apparat ist ausserdem in Verbindung mit einem ebenfalls selbstregistrirenden Anemometer,

Thermometer und Psychrometer zu dem alle Witterungsvorgänge darstellenden Meteorographen Secchi's[10]) combinirt.

Stürme. Die barometrische Intensität, Lage und Verschiebung der Luftdruck-Maxima und Minima, der sie umgebenden Linien gleichen Luftdrucks (Isobaren), sowie die Neigung der rechtwinklig gegen diese gedachten Gradienten und die Temperaturschwankungen geben die einzelnen Anhaltepunkte, um gestützt auf die voraufgegangenen früheren Beobachtungen ähnlicher Umstände und ihrer Wirkungen Schlüsse auf die kommenden Veränderungen des Wetters insbesondere das Eintreten eines Sturmes zu ziehen. Diese zuerst von dem im Jahre 1866 verstorbenen engl. Admiral Fitzroy versuchte wissenschaftliche Sturmprognose befindet sich zur Zeit noch wegen Mangels ausreichenden Beobachtungsmaterials aus früherer Zeit im ersten Stadium der Entwickelung und besitzen daher ihre Aussprüche in manchen Fällen nur einen verhältnissmässig geringen Grad der Zuverlässigkeit. Ueber die Art der Mittheilung dieser Wetternachrichten für die Schiffahrt s. Cap. XVIII.

Im Allgemeinen kann man für die höheren Breiten der nördlichen Halbkugel, insbesondere auch für Deutschland ein Luftdruckmaximum mit niedriger Temperatur als das Resultat oder das Vorhandensein des schweren Polarstromes, ein Minimum mit hoher Temperatur als das des leichteren und zwar des niedergehenden Aequatorialstromes ansehen. Auf der südlichen Halbkugel gilt das Umgekehrte. Die meisten heftigen Winde, insbesondere im Frühjahr und Herbst, wo wegen der alsdann vorzüglich wirksamen Aenderung in der Declination der Sonne eine entsprechende Aenderung in der Stärke der Strömungen vor sich gehen muss, verdanken dem Kampfe der beiden Strömungen oder dem gegenseitigen Verdrängen derselben aus ihren über der Erdoberfläche eingenommenen Betten ihren Ursprung, wogegen die gleichmässigen und sanfteren Winde das ungehinderte Fliessen jener Strömungen bekunden.

In den gemässigten und höheren (ektropischen) Breiten oder in den Zonen der veränderlichen Winde findet nun, wie zuerst durch Dove[11]) auf Grund zahlreicher Beobachtungen nachgewiesen worden, das nach ihm benannte Drehungsgesetz der Winde statt. Danach wechseln in überwiegender Zahl die Windrichtungen für die nördliche Halbkugel so mit einander ab, dass ihre Aufeinanderfolge im Sinne des täglichen Laufes der Sonne (oder der Bewegung des Uhrzeigers) also von **N** über **O** nach **S**, **W** und nach **N** zurück geschieht, während auf der südlichen Halbkugel die umgekehrte Folge stattfindet.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt nur in der Drehung der Erde begründet (vergl. § 17), indem z. B. für die nördliche Hälfte die polare Strömung immer mehr die östliche, die äquatoriale dagegen mehr die westliche Richtung annehmen muss.

Der auf der Nordhälfte endlich zum Ostwind gewordene Nordwind, sowie der zum Westwind gewordene Südwind wird durch die Erddrehung zu keiner weiteren Richtungsänderung veranlasst, dagegen in Folge der Widerstände des Erdbodens und weil am weitesten von der ursprünglichen Richtung abgelenkt am ehesten zur Windstille abgeschwächt. Bei einer Erneuerung der ursprünglichen Strömung wird nach solcher Windstille der Ostwind nach Norden, der Westwind nach Süden zurückspringen oder krimpen. Das Zurückspringen findet daher begreiflicherweise in den

[10]) Siehe hierüber u. A. Physik der Luft u. s. w. in den „Gesammten Naturwissenschaften" von H. Masius, 1873.

[11]) Dove. Das Gesetz der Stürme. Berlin 1873.

NO und den **SW** Quadranten häufiger statt als in den beiden anderen Quadranten der Windrose.

Vermöge der Erdrotation findet ferner, wenn der Aequatorialstrom sein Bette im Westen vom Polarstrome hat, wohl ein gegenseitiges Drängen, aber meistens kein Verdrängen des einen durch den anderen statt. Es entsteht also an ihrer gemeinsamen Grenze kein Sturm. Wenn dagegen die umgekehrte Lage stattfindet, so wird an der Grenze zunächst eine Luftverdünnung eintreten, welche nach einiger Zeit das Einfallen der schwereren, also der polaren Strömung zur Folge hat. Je heftiger anfangs die südwestliche, aequatoriale Strömung in diesem Falle war, desto plötzlicher und gewaltsamer folgt alsdann das Eindringen des polaren Stromes und zwar zuerst aus westlicher, aber meistens sehr bald aus nordwestlicher Richtung, bis endlich diese der nördlichen und nordöstlichen Strömung, als der ursprünglichen und Hauptrichtung des Polarstromes Platz macht.

In dieser Weise entstehen und verlaufen in der Regel alle das nordwestliche Europa treffenden Stürme. Die einzelnen Theile dieses Gebietes unterliegen aber ausserdem je nach ihrer grösseren Nähe zum atlantischen Ocean oder zu dem östlichen Continente, ferner in Folge grosser Gebirgsmassen u. s. w. gewissen Verschiedenheiten.

So ist es z. B. unzweifelhaft localen terrestrischen Einflüssen zuzuschreiben, dass über der Nordsee, insbesondere an der deutschen Küste, der Nordwestwind in der Regel die grösste Heftigkeit gewinnt, während an der deutschen Ostseeküste erst der Nordostwind als der stärkste Wind auftritt.

Von den auf diese Weise entstandenen Stürmen zeichnen sich die eine besondere Gattung bildenden Wirbelstürme oder Cyclonen durch grosse Gewalt, ihre eigenthümliche Drehung und heftige Regengüsse aus. Sie sind ausserdem erkennbar durch ein windstilles Centrum bei grösster Windgeschwindigkeit in der Nähe desselben, durch rasches Fallen des Barometers beim Herannahen und Steigen beim Fortgehen des Mittelpunktes und durch das Aufeinanderfolgen solcher Stürme in regelmässigen Bahnen oder das Aufsuchen derselben Gegenden. Die stärksten Cyclonen entstehen in den heisseren Zonen, wenngleich sie sich auch von dort nach kälteren bewegen. Sie verdanken ihre Bildung einer ausgedehnten, jedoch localen Erwärmung der Luft, insbesondere über grossen Ebenen oder Wüsten. Sowie sich kleine Wirbel sogar künstlich durch Feuer bei ruhiger Umgebung bilden lassen, zeigen sich auch bei verhältnissmässig geringer Ausdehnung der übermässig erwärmten Luftmasse kleinere Wirbelwinde, wohingegen die Wirbel bei zunehmender Grösse Wettersäulen, Tornados und endlich Wirbelstürme genannt werden.

Zur Veranschaulichung eines Wirbelsturmes diene zunächst die schematische Fig. 12, Taf. XLIII. Dieselbe ist aus der weiter unten besprochenen Abhandlung Reye's entnommen und ursprünglich von Mohn zur Darstellung aller wesentlichen Vorgänge eines Wirbelsturmes auf der nördlichen Halbkugel construirt. Der grosse Pfeil bezeichnet das Fortschreiten des ganzen Sturmes, die kleinen Pfeile deuten die Bewegung der einzelnen Luftmassen an, wobei jedoch die beigeschriebenen Himmelsrichtungen nur für die augenblickliche Richtung dieser Bewegungen gelten. Die schrägen geraden Linien, welche in der Richtung des grossen Pfeilers fortschreitend zu denken sind, bedeuten schematisch sowohl die gleichen Barometerstände (siehe unten) als auch die gleichen Temperaturen u. s. w. (siehe oben). Die mittlere dieser

Linien theilt den Wirbelsturm in eine vordere und hintere Hälfte, für welche folgende Unterschiede sich nach Beobachtung herausstellen:

Auf der vorderen Hälfte	Auf der hinteren Hälfte
ist der Wind **O SO S SW** bis **W**,	ist der Wind **W NW N NO** bis **O**,
das Barometer im Sinken,	das Barometer im Steigen,
die Temperatur nimmt zu,	die Temperatur nimmt ab,
die Spannung des atmosphärischen Wasserdampfes wird grösser,	die Spannung des atmosphärischen Wasserdampfes wird kleiner,
die Wolkenmenge ist im Wachsen,	die Wolkenmenge ist im Abnehmen,
Regen oder Schnee stark und anhaltend.	Regen oder Schnee schwach u. stossweise.

Man kann sich die Entstehung und den Verlauf der Wirbelstürme nur durch das anfängliche Aufeinanderfolgen und spätere Zusammenwirken nachstehender dreier Bewegungsursachen erklären.

Zunächst erfolgt durch starke Erwärmung ein längere Zeit vermöge des Druckes der oberen kälteren Schichten zurückgehaltenes, aber danach um so plötzlicheres Aufsteigen der unteren Luftschicht, indem die oberen Schichten Platz machen oder durchbrochen werden. Die aufsteigende Luft dehnt sich aus, kühlt sich ab und bildet Wolken und Niederschläge. Die dabei freiwerdende latente Wärme des Wasserdampfes verlangsamt zwar die Abkühlung, beschleunigt indessen das Aufsteigen der unteren Luft und das Zuströmen der Luft von aussen nach der Stelle des Aufsteigens.

Durch das Zuströmen entsteht sodann die zweite und zwar die drehende Bewegung der Luft um eine nahezu senkrechte Achse, indem die von Nord und Süd ankommenden frischen Luftmassen eine verschiedene Rotationsgeschwindigkeit mitbringen, während die von Ost und West kommenden Massen neutral bleiben. Es wird also auf der nördlichen Halbkugel ein dem scheinbaren Lauf der Sonne entgegengesetzter Wirbel erfolgen. In der Höhe jedoch entsteht ein centrifugales Abströmen in umgekehrten Richtungen, wobei sich die ursprüngliche dichte Säule durch Verdünnung ihrer Masse trichterförmig erweitert. Je grösser der Durchmesser des Wirbels, desto grösser wird wegen der Differenz der Rotationsgeschwindigkeit die Drehbewegung. Aus demselben Grunde nimmt diese in den höheren Breiten zu, während etwa 5 Grad nördlich und südlich vom Aequator überhaupt keine Cyclonen möglich sind.

Endlich erfolgt das Fortschreiten auf der nördlichen und in ähnlicher Weise auf der südlichen Halbkugel dadurch, dass die von Süden kommende wärmere und feuchtere Luft eher aufsteigt und dabei Wolken und Niederschläge bildet, als die nördliche Luft, dass daher und durch die Ablenkung oder Drehung an der Ostseite eine grössere Luftverdünnung (daher fallendes Barometer) entsteht als an der Westseite, folglich eine Fortbewegung der ganzen Luftsäule von West nach Ost. Durch das Ueberschreiten verschieden warmer Meeresgebiete, z. B. einer Meeresströmung, oder durch den Uebergang vom Land aufs Meer u. s. w. erfolgt eine entsprechende Richtungsänderung, oft ein völliges Umbiegen. So verfolgt auf der Nordhälfte des atlantischen Oceans die Bahn der Wirbelstürme anfangs nahezu die Richtung des Aequatorialstromes und danach die Richtung des Golfstromes.

Die Wirbelstürme beginnen stets in mässiger Ausdehnung mit etwa 60 bis 200 Seemeilen Durchmesser, wachsen aber während des Fortschreitens immer mehr

an bis zu 1200 Seemeilen Durchmesser, wobei jedoch ihre Heftigkeit abnimmt. Ihre Fortschrittsgeschwindigkeit ist etwa 40 Seemeilen in der Stunde, die Windgeschwindigkeit jedoch etwa doppelt bis viermal so gross, also zwischen 20 bis 40^m in 1 Secunde.

Indem für das specielle Studium der Wirbelstürme vorzugsweise auf Reye's[12]) bezügliche Abhandlung und die darin angegebenen zahlreichen Arbeiten Anderer verwiesen werden mag, seien nur noch einige praktische Regeln erwähnt, welche sich aus den vorhin beschriebenen Bewegungen der Wirbelstürme ableiten lassen, und welche namentlich für den Seemann, indessen u. A. auch für den Hafenbaumeister von Wichtigkeit sind.

Diesen Regeln liegt die nur annähernd richtige, aber die Handhabung sehr vereinfachende Annahme zu Grunde, dass sich der Wind in concentrischen Kreislinien um die allmählich fortrückende Cyclonenachse bewege.

Die erste Regel, auch das Buys-Bollot'sche Gesetz genannt, sagt: Kehrt man in einem Wirbelsturme dem Winde den Rücken zu, so befindet sich das Centrum genau zur Linken in der nördlichen und genau zur Rechten in der südlichen Hemisphäre.

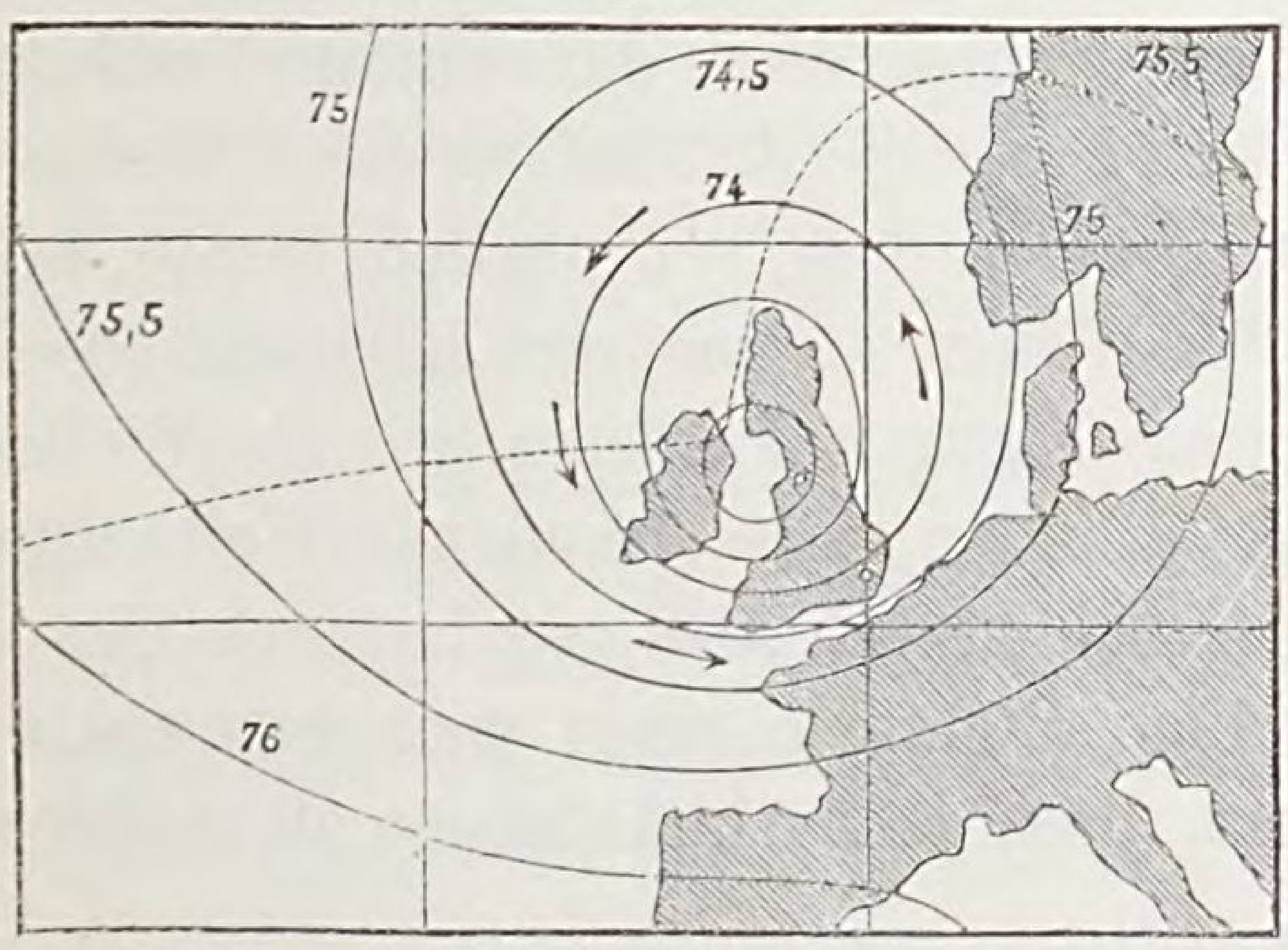
Eine andere Regel ist: Auf beiden Hemisphären dreht sich die Windfahne in demselben Sinne wie ein Uhrzeiger von **S** über **W** nach **N**, also nach rechts herum, wenn die rechte Seite, und im entgegengesetzten Sinne, also von **S** über **O** nach **N**, wenn die linke Seite eines Wirbelsturmes über sie hinwegschreitet. Hierbei ist indessen durchaus nicht die Drehung der Windfahne oder die Aenderung der Windrichtungen für einen Ort mit der drehenden Bewegungsrichtung des Windes oder der Luft um das Sturmcentrum zu verwechseln. Vergl. auch oben Dove's Drehungsgesetz der Winde.

Mit Hülfe dieser und anderer specifisch seemännischen Regeln wird es dem Seemann möglich, wenn er den Wirbelsturm frühzeitig genug voraussieht, diesem auszuweichen und selbst unter Umständen ihn zu einer raschen Fahrt zu benutzen.

Für die Kenntniss der Bahnen der Wirbelstürme sind genaue Berichte der Schiffer von allen Beobachtungen, die sie während eines über sie hinweggehenden Sturmes machen, von der grössten Wichtigkeit. Denn aus mehreren solchen Berichten kann zunächst die Bahn eines Sturmes auf der Karte festgelegt werden. Aus mehrfachen Festlegungen einzelner Bahnen ergiebt sich aber bald für ganze Meeresflächen eine gewisse Regel.

Die beiden vorgenannten Regeln werden durch die nebenstehende kleine Karte, welche einen Augenblick des grossen Sturmes vom 18. November 1864 darstellt, anschaulich gemacht. Dieselbe giebt zugleich ein Beispiel von der Lage der Isobaren, deren innerste das sog. Auge des Sturmes umschliesst, von den den Isobaren parallel gerichteten Bahnen der Luftmassen oder der gleichzeitig an den verschiedenen Punkten des Sturmes vorkommenden Windrichtungen, und endlich von der Verschiedenheit der Windrichtungen, welche nach und nach einen einzigen Ort während des ganzen Sturmes treffen.

Fig. 9.



Wegen der grossen Aehnlichkeit einer Zahl von Erscheinungen eines reinen Wirbelsturmes in unseren Breiten mit den Erscheinungen gewöhnlicher Stürme ist es oft schwer von einem Orte aus zu unterscheiden, welche Art Sturm stattgefunden hat und selbst Fachgelehrte sind in dieser Beziehung oft verschiedener Ansicht.

§ 19. Wirkungen des Windes auf die Höhe des Wassers oder Sturmfluthen. Nachdem in dem vorigen Paragraph versucht worden ist, die wesentlichsten

[12]) Dr. Th. Reye, Die Wirbelwinde, Tornados und Wettersäulen u. s. w. Hannover 1872.

Gesetze und Erscheinungen des Windes zu begründen, wird es für den Wasserbaumeister von besonderem praktischen Interesse sein, die Wirkungen der stärkeren Winde auf die Erhebung des Wassers oder die sog. Sturmfluthen in ihrer Entstehung und ihrem Verlauf für gewisse Küstengegenden zu kennen. Schon bei dem heutigen Stande der Meteorologie fällt es nach recht augenfälligen Vorgängen in der Atmosphäre nicht schwer, auf einige Tage im Voraus einen Sturm aus einer bestimmten Richtung vorherzusehen. Bei der alle anderen Meeresvorgänge weit übertreffenden Bedeutung der Sturmfluthen für manche Gegenden und besonders für grössere Bauausführungen ist aber eine wenn auch nur kurze Frist vor dem Ausbruche des Sturmes, in welcher noch Sicherheitsmaassregeln getroffen werden können, von oft nicht genug zu schätzendem Werthe.

Es kann daher jedem Wasserbaumeister nicht dringend genug empfohlen werden, das freilich noch sehr wenig erhellte Gebiet der Meteorologie, welches sich mit der Sturmprognose befasst, unablässig zu studiren, wozu die bekannten Arbeiten und Mittheilungen der deutschen Seewarte eine jährlich wachsende Erleichterung gewähren.

Es ist, wie die im Folgenden gemachten Angaben über Sturmfluthen in der Nordsee und Ostsee aufs deutlichste beweisen, für die Beurtheilung der Sturmwirkungen die Kenntniss nicht allein dieser meteorologischen Erscheinungen, sondern auch der Beziehungen zwischen der geographischen Lage des betreffenden Küstenpunktes und der Gesammtform des in Frage kommenden Meeres nebst dessen Verbindungen mit den benachbarten Meeren nothwendig. Dies ergiebt sich schon aus der Thatsache, dass derselbe Sturm, welcher z. B. für einen Theil der Nordsee eine gefährliche Sturmfluth erzeugt, in den nahe gelegenen Theilen der Ostsee gerade eine Senkung hervorbringt, und dass sogar an den verschiedenen Punkten der Meere derartige Gegensätze gleichzeitig auftreten.

Die bei Weitem allgemeinste Ursache der Sturmfluthen ist die Verschiebung des Wassers in seiner Oberfläche durch den Wind und zwar in dessen Richtung.

Es ist zunächst schon im § 4 erwähnt, dass die Reibung des Windes an der Oberfläche des Wassers für grosse Flächen eine merkliche Verschiebung, die sog. Driftströmung, hervorbringt. Ferner ist im § 7 angegeben, dass das ununterbrochene Anlaufen der Wellen gegen das Ufer, das sog. Branden, die Anhäufung einer Wassermenge am Ufer zur Folge haben muss. Da nun ausserdem bei starkem Sturm und seichtem Wasser vor der Küste das Branden der Wellen oft mehrere Kilometer weit vom Ufer stattfindet und bei dem stärksten Sturme sogar auf offener See die Wellen in ihrem obersten Theile eine gewisse Brandung erleiden, jede brandende Welle aber zum Theil in der Richtung ihrer Bewegung fortgeschleudert wird, so ist nach einem lange über einer grossen Fläche und in derselben Richtung eines weit gestreckten Meeres anhaltendem Sturme nicht zu verwundern, dass jene Anhäufungen oft mehrere Meter hoch werden.

Damit der Sturm eine bedeutende Erhebung des Wassers an der vor ihm liegenden Küste hervorbringen kann, ist offenbar nothwendig, dass er selbst sich noch bis zur Küste hin erstreckt, weil andernfalls das Wasser durch seitlichen Abfluss an der Hebung gehindert wird. Um so bedeutender wird die Erhebung aber, wenn der Sturm in eine sich trichterförmig verengende Bucht hineinweht. Ein wesentlicher Factor für die Erhebung des Wassers ist ferner die Dauer des Sturmes, welche an den deutschen Küsten auf etwa 24 Stunden im Maximum für die stärkste Entwickelung bei gleicher Richtung geschätzt werden kann.

Endlich wirkt die wachsende Grösse der Flutherhebung bedeutend auf dies Resultat der Sturmfluth ein, so dass namentlich die Zeiten der Springfluthen unter gleichen Umständen gefährlicher sind als die anderen. Dass bei dem Vorhandensein mehrerer Fluthwellen die eine durch den Sturm etwas beschleunigt, die andere vielleicht zurückgehalten werden kann, ist nach dem über die Flutherscheinungen Gesagten nicht unbedingt zu verneinen. Die Folge davon würde sein, dass unter Umständen andere Fluthcombinationen, wie Zusammentreffen der Scheitel oder Interferenzen u. s. w. entständen, welche auf die höchste Erhebung der Sturmfluth Einfluss hätten. Viele hierüber für gewisse Oertlichkeiten verbreitete Ansichten dürfen freilich wegen Mangels an genauen Beobachtungen einstweilen nur als Vermuthungen gelten, so z. B. dass die durch den Canal und die Nordsee kommenden, in der Regel verschiedenen Tiden angehörenden Fluthwellen sich an der holländischen Küste in anderer Reihenfolge als gewöhnlich treffen, dass namentlich unter Umständen die eine Nordseewelle die vorangegangene überhole u. s. w.

Ein sehr anschauliches Beispiel von dem Zusammenwirken der täglichen Fluth und einer Sturmfluth giebt die bereits oben erwähnte Fig. 11, Taf. XLIII einer Fluthcurve am Helder. Vergleicht man diese Figur mit der Fig. 10, so zeigt sich zunächst, dass während der Sturmfluth das Niedrigwasser bis über die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers gestiegen ist, das Hochwasser aber noch annähernd um das gewöhnliche Intervall höher als das durch den Sturm schon gehobene Niedrigwasser wächst. Ausser der Grösse des Intervalls bleibt aber sogar noch im Allgemeinen eine gewisse Aehnlichkeit in der im § 14 (S. 717) besprochenen eigenthümlichen Form der dortigen Fluthcurven, die des zweifachen Scheitels, bestehen, während daneben die Sturmfluthcurven noch entsprechend den zeitweiligen Aenderungen des Windes, sei es nach der Richtung oder der Stärke, eine grössere Anzahl kleinerer Schwankungen des Wassers oder Zacken der Curven aufweisen.

Abgesehen von der Ebbe und Fluth unterliegt es aber keinem Zweifel, dass wenn der Sturm die vor ihm liegende Küste erreicht, auch stets die Wassererhebung von dem offenen Meere nach dieser Küste in Gestalt einer geneigten Ebene zunimmt, wenngleich darüber nur wenige direkte Messungen vorliegen. Während z. B. an der Nordseite der ostfriesischen Inseln die höchsten Sturmfluthen etwa 3^{m} hoch über ordinäres Hochwasser auflaufen, beträgt die entsprechende Differenz an der dahinter liegenden ostfriesischen Küste, welche von der Südseite jener Inseln durch das im Mittel etwa 10^{Km} breite Watt getrennt ist, etwa 4^{m}, trotzdem dass die Inseln auf die Wellenbewegung des Wattes mässigend einwirken.

Wenn es auch bis jetzt noch keineswegs gelungen ist, auf Grund der Theorie oder der Beobachtung allgemein gültige Regeln für das Verhältniss zwischen Höhe der Sturmfluth sowie der Stärke und Richtung des Windes aufzustellen und zwar hauptsächlich wohl desshalb, weil ausser jenen Factoren noch die Form der Küsten, die Gestaltung des Meeresgrundes u. s. w. von Einfluss sind und gerade diese in ihrer Wirkung am schwersten richtig zu schätzen sein werden, so ist doch schon die Kenntniss gewisser einzelnen Beziehungen unter Umständen von Interesse und Nutzen.

Es möge zunächst an die im § 5 erwähnte, von Th. Stevenson[13]) aufgestellte Regel erinnert werden, dass die Höhe der Wellen proportional der Quadratwurzel der Entfernung von der windwärts oder dem Winde entgegen liegenden Küste sein soll. Wichtiger erscheint wohl die den mechanischen Gesetzen der Bewegung entspringende Regel, dass der Druck des Windes in seiner Richtung allgemein wie das

[13]) Th. Stevenson. The design and construction of harbours.

Quadrat seiner Geschwindigkeit wächst, wesshalb auch unter gewisser Modification, wegen seiner schrägen Richtung und der Wellenbewegung, die Wirkung des Windes auf die Erhebung des Wasserspiegels im Ganzen genommen dem Quadrat der Geschwindigkeit entsprechen muss. Es dürfte im höchsten Grade lehrreich sein, an geeigneten Stellen über diese Beziehung sorgfältige Beobachtungen anzustellen.

In dem folgenden Paragraphen ist bei der Darstellung des Windes behufs Veranschaulichung der theoretischen Wirkung der verschiedenen Richtungen und Stärken oder der sog. „Winddrucksummen" ein bequemes Hülfsmittel gegeben.

Im Uebrigen sei auch hier auf die Abhandlung von Lentz von der Fluth und Ebbe des Meeres, worin u. A. die Einwirkung des Windes in und vor der Elbmündung geschildert ist, verwiesen.

Es hat nach dem Vorigen nun fast jeder Küstenpunkt bei ein und demselben Sturme seine besondere Sturmfluthshöhe, je nachdem ob die betreffende Küstenstrecke gerade normal oder schräg gegen die Windrichtung, ob ferner der fragliche Punkt an einer weit vortretenden Spitze des Ufers oder in einer zurücktretenden Bucht liegt. Ebenso ist es für die verschiedenen Küstenpunkte sehr verschieden, in welchem Maasse und in welcher Zeit die Wassererhebung der Zunahme der Windstärke folgt, sowie umgekehrt wie das Wasser nach Abnahme des Windes wieder fällt.

Bei verschieden gearteten Stürmen müssen folglich auch dieselben Küstenpunkte wenigstens theoretisch verschiedene Sturmfluthen, sowohl nach der Höhe als auch nach der Zeit des Wachsens und Fallens haben.

Aus all diesen Gründen können des Raumes wegen im vorliegenden Handbuche nicht die thatsächlichen Höhen und sonstigen Verhältnisse der Sturmfluthen an verschiedenen Punkten auch nur der deutschen Küsten verzeichnet werden. In dieser Hinsicht muss auf die localen Pegeltabellen sowie auf die speciell diesem Gegenstande gewidmeten Mittheilungen, z. B. die der deutschen Seewarte u. A. verwiesen werden.

Dagegen wird hier noch zu erörtern sein, ob für die deutschen Küsten eine gewisse Gesetzmässigkeit in dem Eintreten der Sturmfluthen nach den Jahreszeiten stattfindet und bei welchen Windrichtungen im Allgemeinen grössere Sturmfluthen vorkommen.

Für die Nordsee ereignen sich nach den Zusammenstellungen von Eilker[14]) durchschnittlich in jedem Jahrhundert etwa 50 schwere Sturmfluthen. Die seit dem 11. Jahrhundert verzeichneten 323 Sturmfluthen sind bis auf 90 der früheren Zeit angehörigen dem Datum nach bekannt. Es fallen von den übrigen in den Monat:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
41	17	21	8	5	3	4	6	14	27	53	34 .

Das Maximum der Zahl fällt demnach in den Monat November, welcher Monat fast ein Viertel der ganzen Anzahl bekannter Fluthen enthält. Vom October bis zum März kommen ferner etwa 5 mal soviel Fluthen vor, als in den übrigen 6 Monaten. Von den meisten Sturmfluthen früherer Jahrhunderte sind allerdings die Windrichtungen nicht angegeben, sondern von der obigen Zahl von 323 nur bei 76. Von letzteren kommen auf die Richtungen:

SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
6	3	1	11	52	2	1

[14]) Eilker. Die Sturmfluthen der Nordsee. Emden 1877.

Sturmfluthen. Es kann somit als unzweifelhaft gelten, dass für die deutsche Nordseeküste der Nordwestwind bei Weitem der gefährlichste in Beziehung auf die Sturmfluthen ist. Dabei ist von den besonders schweren Fluthen constatirt, dass dem nordwestlichen Winde längere Zeit südwestliche und westliche Winde vorangingen. Hierbei würde also, unter Annahme von Wirbelstürmen für diese Fälle, stets die rechte oder südliche Hälfte der Wirbel über dem südlichen Theil der Nordsee hinweggegangen sein, was in mehreren Fällen jüngeren Datums thatsächlich beobachtet worden ist.

Diese zahlenmässig festgestellten Erscheinungen sind nun sowohl in der Entwickelung der heftigsten Stürme für die Nordsee (vergl. § 18) begründet, als auch in der eigenthümlichen Lage der deutschen Nordseeküste. Denn es ist klar, dass das längere Wehen des starken Südwestwindes durch den grossen Trichter des englisch-französischen Canals bedeutende Wassermengen aus dem atlantischen Ocean in die Nordsee pressen muss und dass bei dem im § 18 erwähnten raschen Umspringen des Windes in die nordwestliche Richtung oder bei dem Hinübergange der südlichen Hälfte eines Wirbelsturmes über den Canal und die südliche Nordsee eben dieselben Wassermengen um so vollständiger und vereinigt mit den aus der Längenrichtung der Nordsee kommenden Massen in dem östlichen Winkel der Nordsee angehäuft werden.

Für die deutsche Ostseeküste kann nun nach der ganzen Form der Nord- und Ostsee der Südost- und Nordwestwind zwar direct oder allein keine Erhebung des Wassers oder eine Sturmfluth bewirken. Im Gegentheil zeigt sich namentlich in dem westlichen Theile der Ostee, besonders zu Anfang des Südweststurmes ein bedeutendes Fallen des Wassers, obgleich allerdings ein vermehrtes Eindringen des Nordseewassers durch das Kattegat, den Sund und die Belte in diesen Theil der Ostsee stattfindet. Wenn aber nach einem Südweststurme der Wind rasch in die nördliche oder gar nordöstliche Richtung umspringt, dann erfolgt grade für die westliche Ostsee eine um so höhere Anschwellung, wie solche z. B. am 13. November 1872 in bis dahin ungekannter Höhe beobachtet worden ist.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Ostseesturmfluth nebst einer meteorologischen Erklärung findet sich mitgetheilt von Baensch in der Zeitschrift für Bauwesen.[15]) In dieser Darstellung ist ausser der graphischen Zusammenstellung gleichzeitiger Wasserhöhen und Windstärken, sowie auch der Temperaturen, Luftdrücke und Windverhältnisse von vielen Küstenpunkten von besonderem Interesse der Nachweis der dem Eintreten des Nordoststurmes und der damit erst erfolgten hohen Sturmfluth lange voraufgegangenen bedeutenden Einströmung von Nordseewasser in die Ostsee. Hierfür haben nicht allein Wind-, Pegel- und Strom-Beobachtungen, sondern auch die Untersuchungen über die Aenderungen des Salzgehaltes in dem westlichen Theile der Ostsee die Belege abgegeben.

Die über dieselbe Sturmfluth von Pralle[16]) gegebene Darstellung, welche sich vorzüglich auf die Kieler Bucht beschränkt, ist besonders interessant durch die Vergleichung der Wasserhöhen an der schleswigschen Westküste bei Husum mit den gleichzeitigen Höhen in genannten Theilen der Ostsee, sowie durch specielle graphische Darstellung der Fluthcurve neben der Curve der gleichzeitigen Windänderungen. Namentlich aus der letzteren Darstellung ist ersichtlich, dass im Ganzen die Curven der Sturmfluth und des Sturmes (vergl. § 20) sehr ähnlich sind, dass aber leicht begreiflicher Weise der höchste Wasserstand von $3^m,19$ über Mittelwasser erst eine gewisse Zeit, in diesem Falle 5 bis 6 Stunden später als die grösste Windstärke eintritt, dass jedoch die letztere (bis $30^m,6$ pro Secunde)

[15]) Baensch, Die Sturmfluth vom 12./13. November 1872 an den Ostseeküsten des preussischen Staates, Zeitschr. f. Bauw. 1875.

[16]) Pralle, Beobachtungen über den Verlauf der Ostsee-Sturmfluth vom 13. Nov. 1872 u. s. w. Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1875.

mit dem stärksten Steigen des Wassers (etwa 1^m in 6 Stunden) der Zeit nach zusammentrifft, dass endlich mit eintretender Drehung des Windes von **O** nach **S** in etwa 8 Stunden ein Fallen des Wassers von fast 2^m erfolgt.

Die Geschichte berichtet von ähnlich aber nicht ganz so hohen Sturmfluthen der Ostsee nur aus dem Anfang des 14. Jahrhunderts, vom Jahre 1625 und 1694. Aus den seit 1864 an preussischen Küstenpunkten angestellten Beobachtungen ergiebt sich, dass die jährlichen höchsten Stände das Mittelwasser im Durchschnitt etwa nur um 1^m übersteigen. Im Ganzen ist demnach die Ostsee weit weniger als die Nordsee gefährlichen Sturmfluthen ausgesetzt.

Ueber die Senkungen der Wasserspiegel siehe § 21.

Von der durch Driftströmung und Brandung in Folge eines Sturmes erzeugten Sturmfluth muss diejenige Wassererhebung unterschieden werden, welche in Folge raschen Sinkens des Barometers namentlich während eines grossen Cyclonen entsteht. Diese in Form einer grossen Welle fortschreitende Erhebung nennt man die Cyclonenwelle. Indem das specifische Gewicht des Quecksilbers rund 13,6 ist, so muss sich bei einem raschen Fallen des Barometers um etwa 25^{mm} das Wasser des Meeres an der betreffenden Stelle um rund 340^{mm} heben. Da zuweilen in den Tropen in kurzer Zeit ein doppelt so grosses Fallen des Barometers beobachtet ist, so kann die Entstehung ungeheuerer Cyclonenwellen, ihre der raschen Entstehung entsprechende Geschwindigkeit, sowie endlich ihre durch das Anprallen an buchtenförmige Küsten gesteigerte Gewalt nicht überraschen. Bekanntlich werden namentlich die Küsten Ostindiens häufig von solchen Wellen heimgesucht.

Aehnliche Erscheinungen wie die Cyclonenwellen veranlassen endlich die durch grosse Erdbeben entstehenden sog. Seebeben-Wellen. Ein bekanntes Beispiel dieser Art ist die bei dem Erdbeben i. J. 1755 zu Lissabon beobachtete, nahezu 16^m hohe Welle. Die Geschwindigkeit dieser Wellen lässt die aller andern hinter sich. So ist z. B. bei dem i. J. 1854 in Japan unter heftiger Wellenerscheinung beobachteten Erdbeben 12 Stunden später die erste dieser Wellen in St. Franzisco bemerkt, was eine Geschwindigkeit von 355 Seemeilen in der Stunde entspricht. Bei dem Erdbeben von Arica i. J. 1868 wurden solche Wellen sowohl an der ganzen südamerikanischen Westküste als auch bei Neuseeland und Japan beobachtet, wobei Geschwindigkeiten von 360 Seemeilen in der Stunde constatirt sind. Das jüngste Beispiel derartiger Wellen hat das Erdbeben von Iquique in Peru im Jahre 1877 gegeben, wobei eine ähnliche Ausdehnung wie im letzten Falle und sogar eine Geschwindigkeit des Fortschreitens von 396 Seemeilen in der Stunde gefunden ist.

Man hat mit Hülfe der Formeln über das Verhältniss zwischen Wellengeschwindigkeit und Tiefe der Bewegung (siehe § 9) aus den einzelnen beobachteten Fortschrittsgeschwindigkeiten die Tiefe des im grossen Ocean durchlaufenen Weges zu 2324 Faden berechnet.

§ 20. Messung, Benennung und Darstellung der Winde. Hinsichtlich ihrer Richtung werden die Winde, abweichend von der Bezeichnung der Meeresströmungen, nach derjenigen Himmelsgegend benannt, aus welcher sie kommen. Weil dabei die Richtungen höchst selten so constant sind, dass nicht z. B. eine Windfahne fast ununterbrochen kleine Schwankungen durchmacht, so begnügt man sich in der Regel für die Bezeichnung der Richtung mit den sog. Strichen der Windrose oder der Compassrose. Ein solcher Strich umfasst einen Winkel von 11° 15′ und bildet also $^1/_{32}$ des vom wahren Norden (vergl. § 27 Missweisung u. s. w.) oder der Richtung des Meridians gleichmässig eingetheilten Kreises. Diese Theile werden jedoch in der Regel nur für jeden Quadranten von 1 bis 8 gezählt. Die Benennung der einzelnen Striche jedes Quadranten ist von Norden aus nach Osten oder Nord 1.2.3.4.5.6.7.Ost, Ost 1.2. u. s. w. Süd, Süd 1.2. u. s. w. West, West 1.2. u. s. w. Nord, also z. B. heisst N.4.O. die um 4 Strich oder 45° von Nord nach Osten hin abweichende Richtung.

Die Stärke des Windes wird auf dem Lande nach der 10theiligen Scala bezeichnet, wobei 1 einen eben spürbaren leichten Windzug, 2, 3, 4 entsprechend mässigen, 5, 6, 7 starken, 8, 9 stürmischen Wind und 10 Orkan bedeuten. Auf der See jedoch ist die 12theilige Beaufort'sche Scala üblicher, bei welcher die einzelnen Stufen folgende Bedeutung haben:

1 . . leichter Wind, eben fühlbar;
2 . . leichte Brise, 1 bis 2 Knoten (siehe § 1);
3 . . leichte Brise, 2 bis 4 Knoten;
4 . . mässige Brise, 4 bis 6 Knoten;
5 . . frische Brise, wobei ein Schiff noch eben die Oberbrahmsegel führen kann;
6 . . stürmische Brise (einfach gereefte Marssegel);
7 . . mässige Windstösse (doppelt gereefte Marssegel);
8 . . lebhafte Windstösse (dreifach gereefte Marssegel);
9 . . heftige Windstösse (dicht gereefte Marssegel);
10 . . stürmische Windstösse (dicht gereeftes Grossegel);
11 . . Sturm (Sturm-Stagsegel);
12 . . Orkan (kein Segel haltbar).

Zur Messung der Windgeschwindigkeit ist vorzüglich geeignet das Anemometer von Robinson. Es ist dies dem Woltmann'schen Flügel nachgebildete Instrument ähnlich construirt wie die kleinen Anemometer, mittelst deren bei Ventilationsanlagen die Luftströmung gemessen wird, nur mit dem Unterschiede, dass für grössere Apparate die 4 halbkugelförmigen Schalen sich in einer horizontalen Ebene um eine verticale Achse drehen, welche auf einem erhöhten, frei stehenden Gegenstande befestigt ist. Zu einem Anemograph wird dieser Apparat, wenn mit der Achse durch Räderwerk ein Zählapparat verbunden ist, welcher entweder direct abgelesen werden kann, behufs längerer Beobachtung aber auf einem durch ein besonderes Uhrwerk sich gleichmässig fortschiebenden Papierstreifen je nach der Stärke des Windes nähere oder entferntere Zeichen markirt. Indem dieser Streifen für jede Stunde bestimmte Theilstriche enthält, kann später zu beliebiger Zeit die innerhalb der einzelnen Stunden stattgehabte Umdrehungszahl der Flügel ermittelt werden. Da nun nach Robinsons zahlreichen Versuchen die Windgeschwindigkeit dreimal grösser ist, als die Geschwindigkeit, mit der sich die Mittelpunkte der Halbkugeln bewegen (was allerdings für jeden Apparat durch Versuche besonders zu constatiren sein dürfte), so ist dieselbe bei bekanntem Durchmesser des Flügelkreises d, der Anzahl der Umdrehungen n und für die Zeit t:

$$= \frac{3 . \pi . d . n}{t} \quad \text{oder, da } 3 . \pi . d \text{ constant,} \quad = \frac{C . n}{t} .$$

Dem Principe der Pitot'schen Röhre entsprechend sind ferner von Robison und von Wollaston Anemometer construirt, wobei der durch ein Rohr geleitete Wind auf eine in demselben enthaltene Flüssigkeit drückt, deren Erhebung in einem aufsteigenden Schenkel des Rohres sodann der Windstärke entspricht. Auch das Princip des Stromquadranten und des Tachometers ist zur Herstellung von Anemometern benutzt, siehe hierüber u. A. Weisbach, Mechanik.

Der Druck des Windes gegen eine ebene, der Windrichtung rechtwinklig entgegenstehende Fläche wird dem einer Wassersäule gleich sein, welche auf eine ruhende Luftmasse wirkend in dieser dieselbe Geschwindigkeit des Windes hätte hervorbringen können. Aus Versuchen auf dieser Grundlage, sowie mit Hülfe der letztgenannten Arten von Anemometern hat man für verschiedene Windgeschwindigkeiten den Druck für die Quadrat-Einheit in Gewichtsmaass bestimmt. Die Resultate

dieser Versuche stimmen bislang noch wenig überein, sodass die desfallsigen Angaben noch als nicht zweifellose betrachtet werden dürfen. Der Sicherheit wegen ist meistens zu empfehlen für praktische Rechnungen die höheren zu wählen. Ausserdem sei bemerkt, dass hinsichtlich der Bezeichnung des Windes nach einer der oben angeführten beiden Scalen und der betreffenden Windgeschwindigkeit in bestimmten Maassen noch wenig Uebereinstimmung herrscht.

Dagegen kann den mechanischen Gesetzen der Bewegung flüssiger Körper zufolge angenommen werden, dass der Winddruck (oder die den Wind erzeugende Druckhöhe) wie das Quadrat der Windgeschwindigkeit wachse, so dass, wenn w den Winddruck auf die Flächeneinheit, v die Geschwindigkeit und k einen Coefficienten bedeuten, $w = k.v^2$ sein wird. Für Tonnen und Meter ist k jedenfalls hoch genug zu 0,00012 anzunehmen.

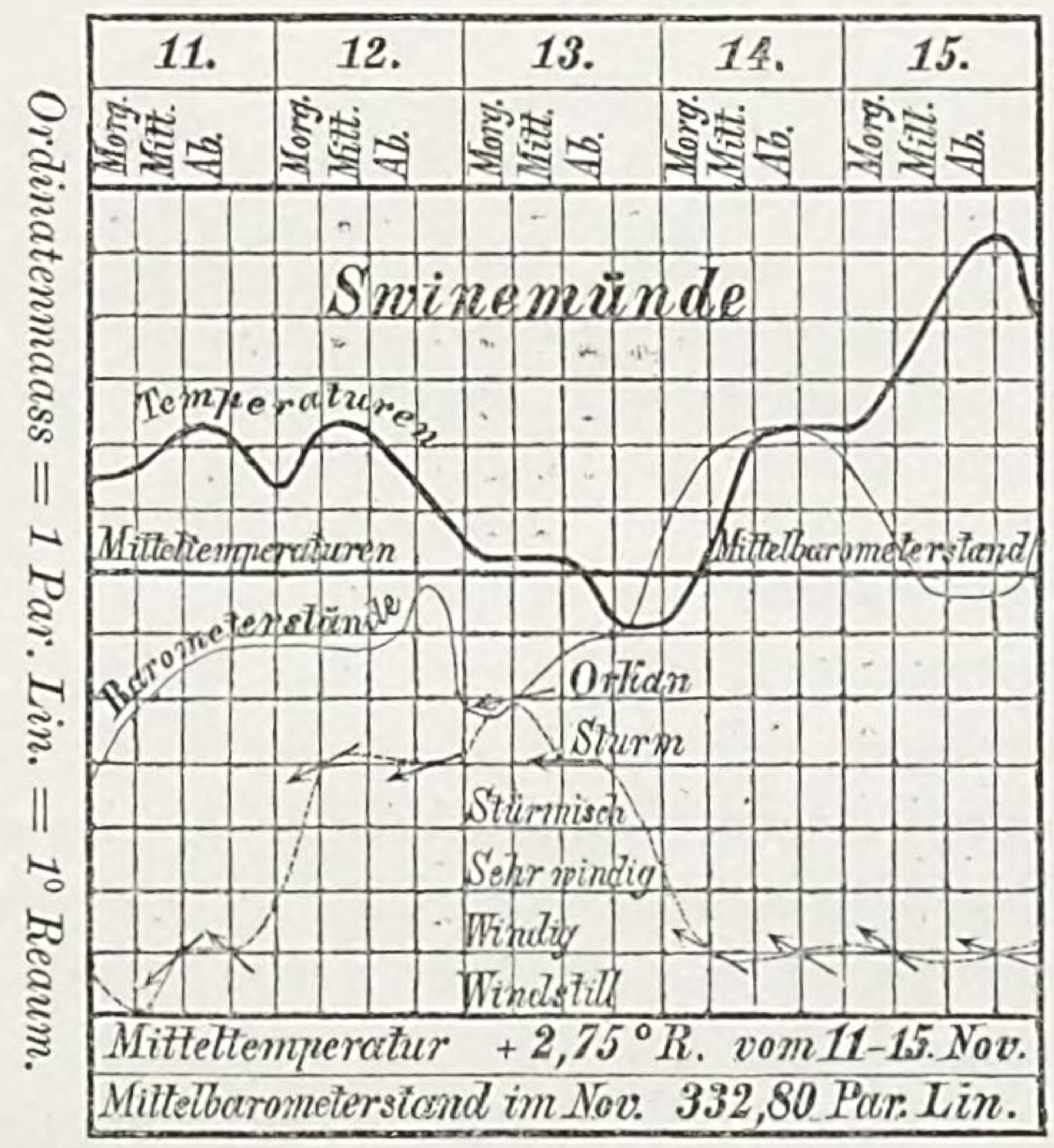
Danach berechnen sich aus den Geschwindigkeiten in Metern die Drücke pro □^{m} in Tonnen:

v	5	10	15	20	25	30	40	48	Meter
w	0,003	0,012	0,027	0,048	0,075	0,108	0,192	0,278	Tonnen.

Die erste Windgeschwindigkeit von 5^m entspricht etwa der 4. Stufe der 10theiligen und der 5. Stufe der 12theiligen Scala, wogegen die Geschwindigkeit von 40^m nur noch bei Orkanen wahrgenommen wird, also mit der Geschwindigkeit von 48^m zusammen als gleichbedeutend mit der letzten Stufe beider Scalen zu rechnen sein wird.

Um aus den einzelnen entweder auf eine gewisse Zeit beschränkten oder auch dauernd fortgeführten Beobachtungen eine bequeme und lehrreiche Uebersicht zu erhalten, sind je nach den verschiedenen Zwecken graphische oder tabellarische Zusammenstellungen zu machen. Für manche Zwecke ist es der Uebersichtlichkeit wegen besonders vortheilhaft, sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität des Windes graphisch darzustellen. Wenn dabei nur die jeweiligen Zeiten Berücksichtigung finden sollen, so ist ein rechtwinkliges Coordinatensystem nach nebenstehender Fig. 10 anzuwenden, wo die Abscissenachse die Zeiten, die Ordinaten die Stärken nach einer der obigen Scalen enthalten und die wechselnden Windrichtungen durch einzelne den Richtungen der Windrose entsprechende Pfeile dargestellt werden. Ausserdem lassen sich damit in der angedeuteten Weise die Temperaturen und Barometerstände verbinden. Ohne Angabe der einzelnen Zeiten kann z. B. für ein Jahr die grösste oder auch die mittlere Stärke jeder einzelnen Windrichtung ähnlich wie bei der barischen Windrose (§ 17) durch Auftragung des Maasses der Scala auf die einzelnen Striche der Windrose veranschaulicht werden.

Fig. 10.
Sturm vom November 1872.



Soll aus einer längeren Beobachtungszeit sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität der verschiedenen Windrichtungen zusammengestellt werden, so ist dazu zunächst eine Tabelle, etwa nach dem folgenden die Winde bei Cuxhaven aus den

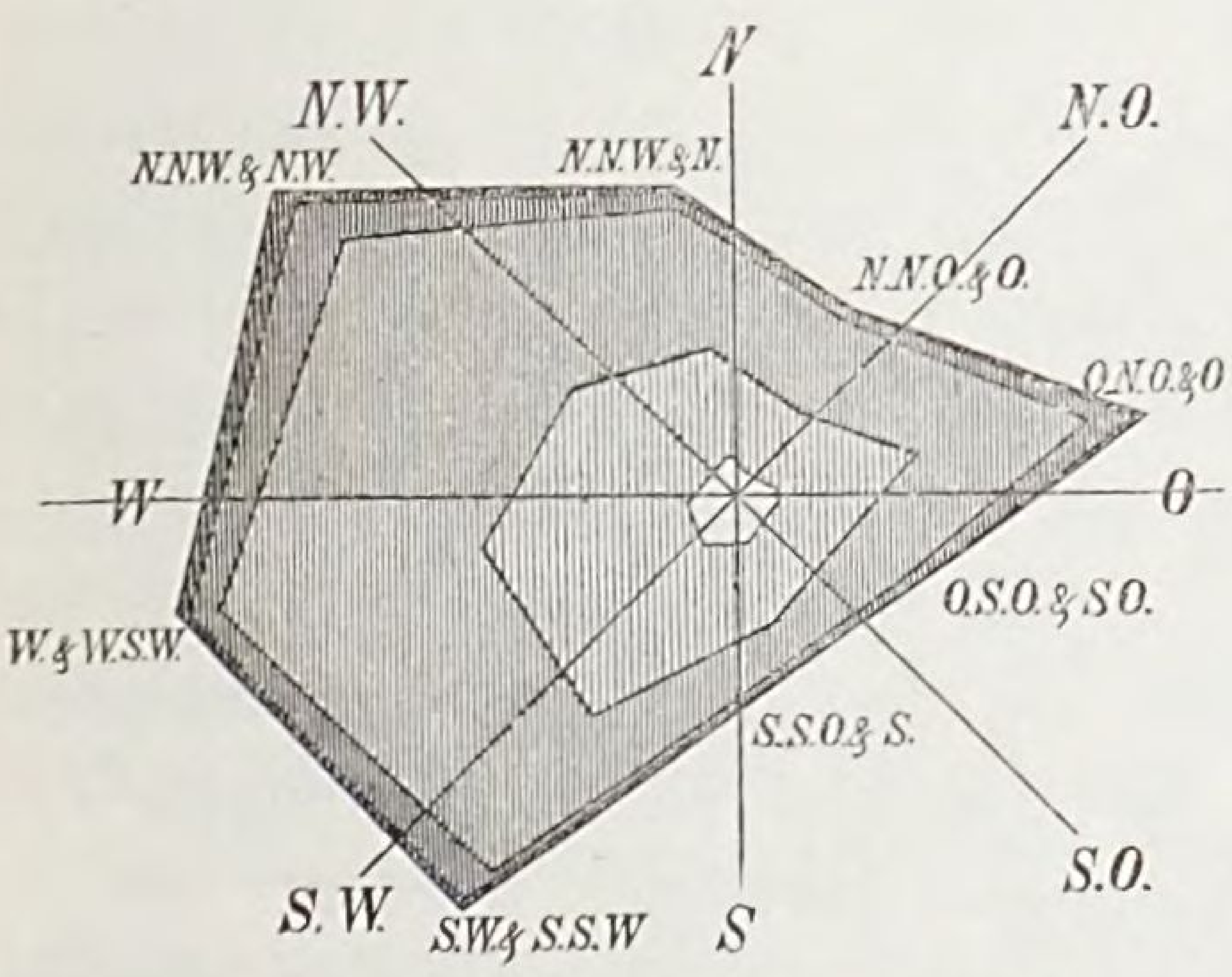
24 Jahren von 1843 bis 1866 darstellenden Schema[17]) aufzustellen. Es sind dabei jedesmal 4 Striche der Windrose zusammengenommen, also nur 8 verschiedene Windrichtungen unterschieden.

Wind in Cuxhaven an Tagen eines Jahres.

Schnelligkeit in Meter pro Secunde	still, flau 0 bis 4,6, 2,45 i. M.	mässig, lebhaft 4,9 bis 7,6, 6,10 i. M.	frisch, stark 7,6 bis 12,2, 9,75 i. M.	stürmisch 12,2 bis 15,2, 13,70 i. M.	Sturm 15,2 u. mehr 16,45 i. M.	Zusammen Tage
NNW und N . . .	24	11	5,50	0,42	0,08	41
NNO und NO . . .	15	8	3,50	0,50	—	27
ONO und O . . .	26	14	7,10	0,82	0,08	48
OSO und SO . . .	19	8	2,90	0,10	—	30
SSO und S . . .	28	9	1,93	0,07	—	39
SSW und SW . . .	40	21	7,40	0,50	0,10	69
WSW und W . . .	30	21	10,00	0,90	0,10	62
WNW und NW . . .	20	17	10,40	1,38	0,22	49
Summa . .	202	109	48,73	4,69	0,58	365

Diese Tabelle lässt sich graphisch darstellen, wenn man auf den betreffenden Strichen der Windrose nach einem übereinstimmenden Maasstabe das Produkt aus der mittleren Geschwindigkeit und der zugehörigen Anzahl Tage für jede einzelne Verticalcolumne aufträgt. Da jedoch der Druck des Windes auf jede ihm ausgesetzte Fläche, also auch die Oberfläche des Wassers, wie das Quadrat seiner Geschwindigkeit wächst, so erhält man von der Wirkung des Windes auf diese innerhalb eines oder mehrerer Jahre ein richtigeres Bild, wenn man das Quadrat der mittleren Windgeschwindigkeit mit der zugehörigen Anzahl Tage multiplicirt und in der eben genannten Weise aufträgt. Die nebenstehende Fig. 11 zeigt das aus der obigen Tabelle construirte Verhältniss der „Winddrucksummen" in Cuxhaven von 1843 bis 1866, wobei die fünffach verschieden schraffirten Flächen den fünf Verticalcolumnen der Tabelle entsprechen. Mit Ausnahme der inneren, die Drucksumme der schwachen Winde darstellende Fläche, zeigen die übrigen eine grosse Aehnlichkeit untereinander.

Fig. 11.



§ 21. Meeresspiegel. Wenn die Erde einen durchweg oder auch nur concentrisch gleichmässig dichten Körper bildete, so würde dieselbe vermöge der Einwirkung der Fliehkraft eine abgeplattete Kugel oder richtiger ein Rotations-Ellipsoid sein müssen. Aus den auf Grund von Pendel-Beobachtungen sowie von Gradmessungen angestellten Berechnungen ergiebt sich die sog. Abplattung an den Polen zu etwa 1:290. Nun ist jedoch keineswegs anzunehmen, dass die Meeresfläche dieser theoretischen Form der Erdoberfläche entspricht. Est ist vielmehr bereits vor etwa 50 Jahren von Gauss (Bestimmung des Breiten-Unterschiedes zwischen den Sternwarten Göttingen und Altona. 1828) darauf hingewiesen, dass wegen der ungleichen

[17]) Lentz, Ebbe und Fluth des Meeres u. s. w.

Dichtigkeit und Vertheilung der festen und flüssigen Massen auf der Erde erhebliche Unterschiede in der Höhe des Meeresspiegels stattfinden müssten.

Es müssen nämlich die Tangentialebenen der Meeresfläche überall zur Richtung der Schwerkraft genau senkrecht sein. Da nun die mittlere Tiefe des Meeres etwa 10 mal so gross als die mittlere Erhebung der Continente ist, und das Verhältniss der Dichten beider zu etwa 1,75 angeschlagen werden kann, so werden in ähnlicher aber noch bedeutenderer Weise, als auf den Continenten, in Folge des Wechsels von Ebenen und Gebirgen, an der Grenze von weiten und tiefen Meeren neben grossen und hohen Continenten sehr erhebliche Abweichungen des Lothes von der theoretischen Verticalen, folglich auch des Meeresspiegels von der theoretischen Erdoberfläche stattfinden müssen.

Das Meer muss also stets nach den Küsten hin ansteigen und wenn man sich die Continente von Canälen mit übrigens stillstehendem Wasser durchschnitten denkt, so würde das Wasser in diesen Canälen noch bedeutend höher als an den Küsten stehen.

Diese Höhenunterschiede hat zuerst M. Saigey in einer kleinen Schrift „Petite Physique du Globe“ (Paris 1842) theoretisch berechnet, unter Annahme der Continente als kreisförmige Scheiben von der Dicke ihrer mittleren Höhe, jedoch unter Vernachlässigung der Wirkung des Massenunterschiedes zwischen dem Meere und den untergetauchten Theilen der Continente. Schon unter diesen Annahmen würde die Erhebung des Meeresniveaus in Metern nach Saigey betragen:

Für	Europa	Asien	Afrika	Nord-Amerika	Süd-Amerika
im Centrum des Landes d. h. in jenen Canälen	121	422	354	184	242 ,
an der Küste	36	144	116	54	76 .

Nach Fischer[18]) ergiebt sich die Erhebung des Meeresspiegels an den Küsten über dem Spiegel in solcher Entfernung, wo die Anziehung der Continente verschwindet, in runder Zahl, wenn man die Lothabweichung (in Secunden) mit 8^m multiplicirt. Diese Lothablenkung soll nach Fischer etwa 70 bis 80 Secunden betragen, in einzelnen Fällen bis zu 100 gehen. Die örtliche Erhebung des Meeresspiegels über der Fläche des regelmässigen Sphäroids würde also etwa 600 bis 800^m betragen. Es gehören begreiflicherweise umfassende Beobachtungen dazu um für alle Meere die thatsächlichen Abweichungen zu constatiren. Es mag hierüber auf die Mittheilungen von Hann[19]) und die von demselben citirten Untersuchungen verwiesen werden.

Es ist wohl nicht wahrscheinlich, dass diese aus den Wirkungen der Schwere allein hervorgehenden Unebenheiten des Meeresspiegels auf die Bewegungen des Wassers, als Wellen, Fluth und Strömungen Einfluss haben, wenigstens fehlen dafür bis jetzt alle Nachweise. Für die Zwecke dieses Werkes erscheinen ausserdem die aus den genannten Bewegungen entspringenden oder damit zusammenhängenden viel kleineren aber wechselnden Unebenheiten des Meeresspiegels von ungleich grösserer Bedeutung.

Nach allen vorigen Untersuchungen dürfte aber feststehen, dass selbst für kleinere Meere, wie z. B. die Nordsee und die Ostsee schon von einem allgemeinen Mittelwasser nicht die Rede sein kann, sondern nur vom Mittelwasser eines jeden einzelnen Punktes.

Nach den Messungen der preussischen Landesaufnahme ist z. B. constatirt, dass der Spiegel der Ostsee von der holsteinischen Küste bis Memel um $0^m,5$ steigt.

18) Fischer. Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt 1868.

19) Dr. J. Hann. Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeres-Niveaus, Wochenschrift für Astronomie, Metereologie und Geographie, 1876.

Für die praktische Nautik werden der Sicherheit wegen in der Regel alle Tiefenangaben auf Niedrigwasser, dagegen umgekehrt die Höhen der Leuchtthürme u. s. w. auf Hochwasser bezogen.

Zur Bestimmung der mittleren Meereshöhen einzelner Punkte ist von allen bis jetzt construirten Apparaten der von Reitz in Hamburg erfundene Fluth-Mess-Apparat der geeignetste. Ein solcher ist im Auftrage des Central-Bureaus für europäische Gradmessung z. B. auf der Insel Sylt aufgestellt und in der Deutschen Bauzeitung, April 1878, beschrieben. Es kann mit demselben die mittlere Meereshöhe für jeden beliebigen Zeitraum der Beobachtung constatirt werden.

Aus der Figur der Fluthcurven geht ohne weiteren Beweis hervor, dass die halbe Höhe zwischen Hoch- und Niedrigwasser keineswegs und auch selbst nur für eine einzelne Beobachtung als die mittlere Meereshöhe angesehen werden darf. So ist die mittlere Höhe von unten gerechnet als Theil der ganzen Höhe h z. B. für Cuxhaven $= 0{,}327\ h$, für Southampten $= 0{,}564\ h$, für Ipswich $= 0{,}471\ h$.

§ 22. Salzgehalt und Temperaturverhältnisse. So durchsichtig und klar das ruhige und nicht durch die Abschwemmungen des Festlandes getrübte Seewasser erscheint, so enthält es dennoch eine grosse Menge fremder, völlig aufgelöster Stoffe, die gewöhnlich unter dem Namen Seesalz zusammengefasst werden. Unter ihnen nimmt das Kochsalz oder Chlornatrium bei weitem die erste Stelle ein, indem es etwa den zweifachen Betrag der Summe aller übrigen Stoffe erreicht; den Rest der im Mittel etwa 2 ½ bis 4 Gewichts-Procente des Seewassers ausmachenden Beimischungen bilden Chlormagnesium, schwefel- und kohlensaure Magnesia, salz-, schwefel- und kohlensaurer Kalk, Jod und Brom und ausser blossen Spuren anderer Stoffe noch endlich zahlreiche organische Reste von jedoch sehr geringer Quantität. An einzelnen Elementen sind allein 27 entweder in organischen Resten oder im Kesselstein von Seedampfern nachgewiesen.

Das Verhältniss all dieser Stoffe bleibt trotz mannigfacher absoluten Schwankungen in fast allen Meeren, bis auf die abgeschlosseneren wie z. B. das rothe Meer, Mittelmeer, die Ostsee u. s. w. ein sehr gleichmässiges. Während das Kochsalz allein im stillen und atlantischen Ocean sowie in der zu letzterem gehörenden Nordsee etwa 2 ½ Gewichts-Procente ausmacht, erreicht es, in Folge der Verdunstung an der Oberfläche, in grosser Tiefe des Mittelmeeres die Höhe von über 17 Procent. Trotzdem hat sich bis jetzt nirgends ein Niederschlag oder eine Salzkruste auf dem Meeresgrunde gezeigt, weil der Sättigungsgrad nicht erreicht ist. Durch Verdunstung oder Distillation sowie durch Gefrieren ist jedoch ein Ausscheiden der meisten genannten Stoffe möglich. Es enthält desshalb sowohl alles Regenwasser sowie auch das Eis des zugefrorenen Meeres keine messbaren Spuren jener Beimischungen.

Der Salzgehalt bedingt nun zunächst ein grösseres specifisches Gewicht als das des süssen Wassers und zwar ist dasselbe, bei 2 ½ Procent Beimischung, zwischen 1,023 und 1,030.

In höheren Graden werden aber Gefrierpunkt, Siedepunkt und der Punkt der grössten Dichtigkeit geändert und zwar treffen die ersteren beiden auf bezw. $-2{,}3^0$ C (bei vollkommener Ruhe sogar bis $-3{,}7^0$ C) und 104^0 C. Der letztere tritt fast genau mit dem eben erwähnten Gefrierpunkt zusammen, während bekanntlich reines Wasser bei $+4^0$ C seine grösste Dichtigkeit erreicht.

Durch die sehr verschiedene Wirkung der Sonnenstrahlen auf die einzelnen Meeresgebiete wird allerdings in der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe eine

bedeutende Temperaturverschiedenheit erzeugt. Da jedoch die specifische Wärme des Wassers überhaupt grösser ist, als die der meisten festen Körper, d. h. das Wasser erwärmt sich langsamer als diese, und da die Sonnenstrahlen in grosse Tiefe dringen, so ist eine bei weitem geringere Erwärmung des Meeres als des Festlandes zu bemerken. Dass trotzdem die Verschiedenheiten der Temperatur sowie des Salzgehalts, also in Folge beider die des specifischen Gewichts nicht grösser werden, wird in den mit einander verbundenen Meeren durch die Strömungen derselben verhindert. Es ergeben desshalb die über die Oceane gezogenen Isothermenlinien weit geringere Abweichungen in ihrer Form und Lage als die des Festlandes und erklärt sich auch daraus die ausgleichende Wirkung der grösseren Meere auf das Klima ihrer Küstenländer.

So ist es wesentlich der warmen Golfströmung zuzuschreiben dass die westlichen Küstenländer Europa's im Winter ein bei Weitem milderes Klima als die östlichen Länder dieses Erdtheils besitzen, und dass z. B. die mit dem atlantischen Ocean zweifach verbundene Nordsee nur wenig Eis bildet, während die Ostsee selbst in ihrem südlichen Theile oft in grossen Flächen zufriert. In Folge dessen sind die preussischen Ostseehäfen 3 bis 4 Monate im Jahre vom Eise blockirt, wogegen nur die flussaufwärts belegenen Häfen der Elbe, Weser und Ems höchstens ebensoviel Wochen vom Eise belästigt, aber nur selten ganz geschlossen werden. Die an den Mündungen dieser Flüsse und an der holländischen Küste belegenen Häfen können dagegen regelmässig auch den ganzen Winter hindurch ein- und ausgelaufen werden. Es ist leicht begreiflich, welchen Werth diese nachhaltige Erwärmung des Nordseewassers für die Schiffahrt sowie unter Umständen für das Bauwesen besitzt.

Eine besondere Folge der schwereren Erwärmung grosser Wassermassen ist ferner die Verspätung der Temperaturschwankungen. Dieselbe findet auch auf dem Festlande, und zwar sowohl am Tage als namentlich in den einzelnen Jahresabschnitten statt, indem z. B. auf der nördlichen Halbkugel am Ende Juli die grösste, Ende Januar die geringste Wärme vorhanden ist. Auf den nördlichen Meeren jedoch ist erst der September der wärmste, der März der kälteste Monat. Auch diese Eigenthümlichkeiten sind sowohl für die Schiffahrt als auch das Bauwesen nicht ohne Bedeutung, während andere Erscheinungen mehr in das Gebiet der allgemeinen Naturwissenschaften gehören.

§ 23. Schlickgehalt. Die an einzelnen Meeresküsten vorkommenden feinzertheilten Sinkstoffe, welche oft in auffallendem Grade eine sichtbare Trübung des Wassers verursachen und an ruhigen Stellen einen sehr leicht messbaren Niederschlag liefern, nennt man den Schlick. Seine Masse ist so fein zertheilt, dass sie durch das Gefühl nicht vom Wasser zu unterscheiden ist, dennoch sind die einzelnen Theilchen nur mechanisch demselben beigemengt. Das Vorhandensein des Schlicks ist ganz besonders für den Hafenbau von grosser und stets nachtheiliger Bedeutung, während es die Erhaltung älterer und Gewinnung neuer Ufer oder Landflächen wesentlich befördert. Die deutschen, holländischen und zum Theil auch die englischen und französischen Nordseehäfen z. B. bedürfen zur Befreiung ihrer Bassins und Einfahrten von Schlickablagerungen oft grösserer Jahresausgaben, als für alle anderen Bedürfnisse des Hafens zusammen und sind demnach bei verschiedenen für eine neue Hafenanlage concurrirenden Punkten der Küste die Schlickverhältnisse vorher ganz besonders zu studiren.

Die Entstehung dieses Stoffes ist von Vielen in übertriebenem Maasse nur der Vermischung des Seewassers mit dem Süsswasser, insbesondere dem mit Humussäure

stark geschwängerten Moorwasser zugeschrieben, indem man nach derselben eine rasche Trübung der vorher viel klareren beiden Flüssigkeiten wahrnahm und auf eine chemische Fällung der Auflösungen sowie auf das Absterben der beiderseitigen Infusorien schloss.

Wenn nun auch in kleinem Umfange beides eintreten mag, so ist unzweifelhaft die grösste Masse des vor den Küsten schwimmenden und abgelagerten Schlicks nur den Abschwemmungen des Festlandes durch die Flüsse zuzuschreiben. Erwägt man nur, dass viele der grossen Flüsse bei ihren Hochwasserperioden oft über 0,004 des Wasserquantums feste Stoffe, insbesondere Thonerde, fein zerriebenen Kalk, Quarz- und Glimmertheile abführen, und dass diese bei einem grossen Flusse jährlich nach Millionen kb^{m} zu schätzenden Stoffe in jedem Jahre aufs Neue dem Meere zugeführt werden, (vergl. Cap. XII, § 25), so würde es sicher einer weit ins offene Meer gehenden Strömung bedürfen, wenn diese Massen schon in der Nähe der Flussmündung vor den Küsten verschwinden sollten. Da jedoch nur ausnahmsweise Meeresströmungen von der Küste ab weit ins Meer gehen (vergl. § 17), weit häufiger aber locale Küstenströmungen, namentlich unter Mitwirkung von Ebbe und Fluth, an den Küsten und von den Flussmündungen aus hin- und hergehen, so ist nichts natürlicher, als dass ein sehr grosser Theil der vom Flusse abgeführten feinen Sinkstoffe von seiner Mündung aus an den Küsten rechts und links entlang geführt werden. So sieht man z. B. vor der Mündung der Seine trotz deren bedeutenden Gehalts an Sinkstoffen nur sehr schwache Schlickablagerungen, weil die heftige Strömung des Canals diese nicht zu Stande kommen lässt; dagegen sind vor den Mündungen der Schelde, Maas, des Rheines und sämmtlicher übrigen in die Nordsee mündenden deutschen Flüsse wegen der verhältnissmässig sehr geringen Küstenströmungen, grosse Schlickmassen abgelagert und schwimmend an der ganzen Küste entlang verbreitet.

Auffallend stark treten diese treibenden Schlickmassen auf an den vor starken Strömungen geschützten Buchten z. B. dem Zuyder See, dem Dollart, dem Jade-Busen u. s. w. Sie sind hier von den Fluthströmungen hineingetrieben; da jedoch bei ruhigem Wetter und vorzüglich während des Aufhörens der Strömung zur Zeit des Hoch- und Niedrigwassers jedesmal ein grosser Niederschlag dieser hineingetriebenen Massen erfolgt, so wird allmählich eine Anhäufung derselben in diesen Becken und ein Anwachsen der Ufer entstehen müssen. Die an solchen Meerbusen gelegenen Häfen haben daher auch vorzugsweise vom Schlickfall zu leiden.[20])

Im folgenden Capitel wird über die Ablagerung des Schlickes, dagegen im Cap. XVII über die Beseitigung desselben aus und vor Häfen die Rede sein.

Begreiflicherweise sind die einzelnen Bestandtheile des Schlickes nicht allein an verschiedenen Küstenpunkten, sondern sogar auch zu verschiedenen Zeiten an denselben Punkten verschieden und können in ihrem Verhältniss zu einander nur durch sorgfältige chemische Analysen bestimmt werden. Da es für bauliche Zwecke nicht auf eine ausführlichere Kenntniss dieser Verschiedenheit ankommt, so möge nur als Beispiel in runden Zahlen die Zusammensetzung einer Schlickprobe aus Bremerhafen hier erwähnt werden. An festen Stoffen enthält danach dieser Schlick in getrocknetem Zustande in Procenten etwa 46 Kieselsäure, 16 Thonerde, 11 kohlensaure Kalkerde, 7 Quarzsand und Glimmer, 5 Eisenoxyd, 5 Magnesia, 1 Kali, 1 Natron

[20]) Vergl. auch: Hübbe. Ueber die Eigenschaften und das Verhalten des Schlickes. Zeitschr. f. Bauw., Bd. X.

und neben Spuren von schwefelsaurem und phosphorsaurem Kalk sowie Chlornatrium noch etwa 7 Procent organische Stoffe.

Alle diese festen Stoffe zusammen bilden jedoch bei frisch gelagertem Schlick nur etwa 30 Procent, während derselbe etwa 70 Procent Wasser enthält. Dies Verhältniss verändert sich mit der Zeit für alten comprimirten Schlick oder Klaiboden wie etwa 80 zu 20.

Endlich sei noch erwähnt, dass wie die Zusammensetzung so auch der Schlickfall in den einzelnen Jahreszeiten an manchen Orten einem Wechsel unterliegt, worüber aber nur locale Aufzeichnungen von Werth sind. Es hat dies u. A. für die im folgenden Capitel zu besprechende Beförderung der Anlandung eine gewisse Bedeutung.

§ 24. **Die Organismen** des Meeres sind nicht gänzlich ohne Interesse für die Bauthätigkeit. Die Pflanzen, wie Tange, Seegräser, Conferven u. s. w. verhalten sich alle unschädlich und werden sogar in getrocknetem Zustande bei Dünenbauten u. s. w. verwandt. Auch sind einzelne Muschelarten für gewisse Constructionen geradezu nützlich, wie z. B. die Miesmuschel *(Mytilus edulis)*, welche im jungen Zustande in die Fugen des wenn auch nur zeitweilig vom Wasser bedeckten Stein- oder Holzwerkes gelangt, dort anwächst und nach kurzer Zeit die Fugen so auskittet, dass die Wellen nicht mehr eindringen können. Napfschnecken *(Patella)* und Seepocken *(Chthalamus* u. a.*)* überziehen die ganzen Steine mit zahllosen Individuen und tragen unter Umständen ebenfalls zur festeren Lagerung loser Steine bei.

Unbedingt nachtheilig wirkt dagegen die Bohrmuschel *(Pholas)*, welche jedoch vorzugsweise nur weichen Kalkstein angreift, denselben aber so vollständig durchlöchert, dass ganze Felswände dadurch einstürzen. Den grössten Schaden verursachen aber die verschiedenen Arten des Bohrwurmes *(Teredo navalis)*, der fast alle bekannten Holzarten angreift und in kurzer Zeit so durchbohrt, dass fast nur die Wandungen der Bohrlöcher übrig bleiben und das Holz einem Bienenwaben gleicht. Dieses Thier, von dem jetzt 8 bis 10 Arten unterschieden werden, kommt in fast unsichtbarer Grösse frei schwimmend an jedes dem Seewasser dauernd ausgesetzte Holz und wächst in demselben sich fortbohrend je nach der Holzart, dem Klima u. s. w. zu verschiedener Grösse. An der Nordsee werden sie selten über 1^{cm} dick und 20^{cm} lang, in wärmeren Gegenden jedoch 2 bis 3^{cm} dick und weit über 1^{m} lang. Das Vorderende besitzt zwei kalkige, raspelartig gezähnelte Schalen, ist etwas stärker als der übrige Körper und bohrt mit Hülfe der Schalen unaufhörlich weiter, während der Körper nachwächst, das Bohrloch mit einer dünnen Kalkkruste auskleidet und mit seinem dünneren Ende in der Nähe der ersten Oeffnung bleibt. Sind mehrere Würmer in einem Holzstück, so durchdringen sie nicht ihre Gänge gegenseitig. Sie verfolgen in der Regel die Faserrichtung, vermeiden dabei Aeste und eine neue Oeffnung. Eingerammte Pfähle werden nur wenig über Niedrigwasser und nicht viel tiefer als der Erdboden angegriffen. Seit einigen Jahren tritt der Bohrwurm auch in dem westlichem Theile der Ostsee, z. B. in der Kieler Bucht, jedoch nur sporadisch und vorübergehend, auf. Wo der Bohrwurm vorkommt, ist von allen Holzconstructionen, selbst vorübergehenden wie Abdammungen, nur wenig Gebrauch zu machen. Es genügt oft ein Sommer zur völligen Zerstörung und dabei ist fast kein bis jetzt angewandtes Mittel zur Abhaltung des Wurms wirksam, ausser dem Beschlagen mit Kupferplatten u. s. w. wie z. B. bei Holzschiffen geschieht. Das Imprägniren mit Creosot scheint wenigstens einige Jahre lang zu schützen. Es giebt jedoch in Australien einzelne Hölzer, z. B. die Eukalyptus-Eiche, das mahagonyartige Jarrah-Holz u. A.,

welche nicht angegriffen werden. Siehe hierüber besonders Th. Stevenson. — In geringerem Grade zerstörend wirkt ein asselartiger Krebs *(Limnoria terebrans)*.

§ 25. Hydrographie. Für den an der See beschäftigten Baumeister ist es unerlässlich, die Aufgaben und Leistungen der Hydrographie wenigstens in ihren Umrissen zu kennen, um vorkommenden Falls an ersteren wirksamen Antheil nehmen und sich dabei mit Leichtigkeit über specielle Fragen näher unterrichten zu können.

Es ist allerdings der Begriff der Hydrographie oder deren Gebiet noch nicht bestimmt festgestellt, indem dieses letztere fast ununterbrochen durch vermehrte Anforderungen und Hülfsmittel ausgedehnt wird.

Für den vorliegenden Zweck ist zunächst eine Beschränkung auf die maritime Hydrographie oder auch Oceanographie geboten, indem die allgemeine Besprechung der Gewässer des Festlandes bereits in den früheren Capiteln dieses Buches stattgefunden hat. Sodann ist hier wie dort eine die factischen Einzelnheiten bestimmter Gewässer beschreibende Hydrographie durchaus nicht beabsichtigt, sondern nur eine kurze übersichtliche Darstellung der Wissenschaft selbst.

Als einer der wichtigsten Zweige derselben ist zuerst die Meteorologie zu nennen oder die meteorologische Hydrographie. Für die Bauwissenschaft sowie die Nautik kommt davon besonders die Theorie, die specielle Beschreibung der Erscheinungen und Wirkungen, sowie die Statistik der Winde in Betracht. Hierüber ist wegen ihrer directen Bedeutung für jene beiden Wissenschaften in den vorstehenden Paragraphen dieses Capitels eingehend gesprochen und wird zum Theil noch das folgende Capitel handeln.

Ausser mit den Winden und ihrer Wirkung auf das Meer und die Küsten hat aber die meteorologische Hydrographie sich mit den Niederschlägen und ihrer Einwirkung auf die Gestaltung, die etwaige Ueberschwemmung und die Fruchtbarkeit der Uferländer zu beschäftigen, ferner die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse, die Eisbildung, das Vorkommen des Treibeises u. s. w. zu berücksichtigen und endlich auch alle magnetischen und electrischen Erscheinungen in ihren Kreis zu ziehen. Demnach sind alle Arten von meteorologischen Beobachtungen auch Aufgabe der Hydrographie.

Ein anderer ebenfalls sehr wichtiger Zweig ist die Erforschung der Meeresströmungen, welcher sowohl directe practische Bedeutung für Bauwesen und Nautik besitzt, als auch die werthvollsten Aufschlüsse über den Haushalt der gewissermaassen lebenden Erdoberfläche gewährt. In ersterer Beziehung kommt namentlich die Lage, Stärke und Veränderlichkeit der Strömungen in Betracht, während die dieser Kenntniss dienenden Beobachtungen über die Treibproducte, wie Eis, Seetange, Hölzer, über die Farbe und die lebenden Organismen des Wassers u. s. w. für die allgemeine Naturwissenschaft ebenso unerlässlich sind. Die Strömungslehre hängt dabei innig mit der Meteorologie zusammen, wie z. B. bei der Entstehung der Trift- oder Oberflächenströme durch Winde, der tiefen Strömungen durch Temperatureinflüsse der Luft, sowie auch wegen der Rückwirkung der Strömungen auf die Atmosphäre hinsichtlich deren Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w.

Die dazu erforderlichen Messungen umfassen hauptsächlich die Geschwindigkeiten, sowie die Temperaturen und Salzgehalte in den verschiedenen Tiefen. Die Geschwindigkeiten werden womöglich von verankerten Fahrzeugen mittelst des Logs, oder von treibenden Fahrzeugen vermittelst Zeit- und Ortsbestimmungen ausgeführt. Ueber Geschwindigkeitsmessungen, namentlich den Gebrauch des gewöhnlichen Logs und des Patentlogs siehe Cap. V, § 25 sowie § 1 dieses Capitels.

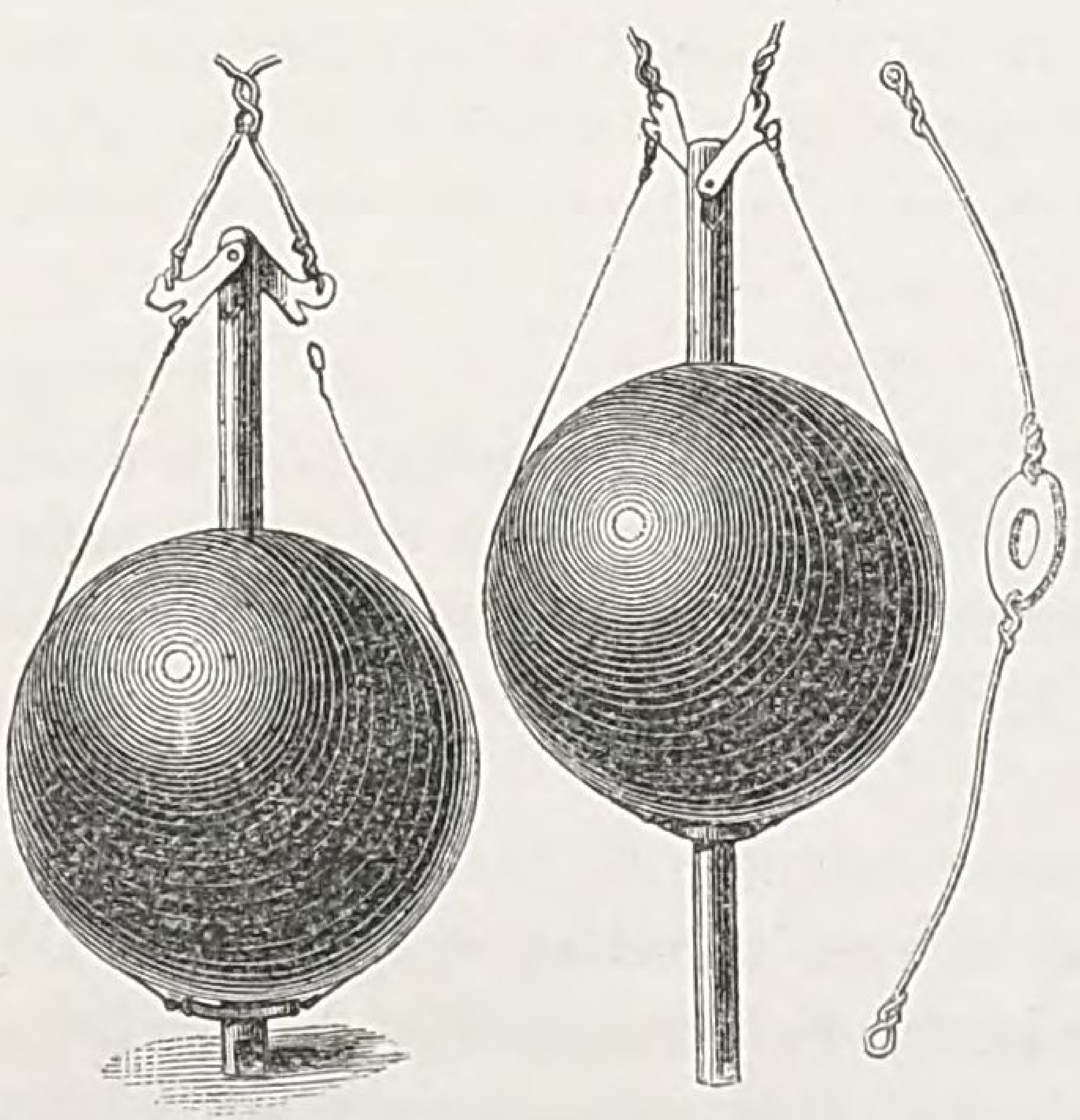
Zu den Temperaturmessungen in der Tiefe bedient man sich eigener Tiefseethermometer, von denen für sehr grosse Tiefen das von Müller verbesserte Thermometer von Casella sich am besten bewährt hat. Oft kann nur mit ihrer Hülfe constatirt werden, bis zu welcher Tiefe eine Strömung geht und wie sich beim Kreuzen zweier Strömungen die Massen beider übereinander lagern.

Für die Bestimmung des Salzgehalts, Schlickgehalts und etwaiger sonstigen Beimischungen ist es erforderlich in bestimmter Tiefe Wasser entnehmen zu können. Dazu ist bei kleineren Tiefen besonders geeignet ein durch Fig. 4, Taf. XLIII rechts dargestelltes, an einer Stange *c* befestigtes Blechgefäss *a*, dessen obere Oeffnung nur so lange durch ein Ventil *b* verschlossen ist, als die an demselben befindliche Leine *d* schlaff ist. Für grössere Tiefen empfiehlt D. Stevenson[21]) die links daneben dargestellte Hydrophore, welche sehr schwer aus dickem Blei construirt ist und oben sowie unten ein Ventil *b* und *c* besitzt. Das untere öffnet sich durch Aufstossen des Gewichts *d*. Die Führungsstangen beider Ventile berühren sich im Innern nahezu, sodass nach der Oeffnung von *c* sich auch gleich darauf *b* öffnet und die Luft entweichen lässt. Sobald die Leine wieder angezogen wird, schliessen sich beide Ventile. Ausser diesen beiden Formen kommen noch verschiedene andere, jedoch von nicht so einfacher und praktischer Construction vor.

Tiefenmessungen sind fast zu allen übrigen hydrographischen Arbeiten, insbesondere für die Kartirung nothwendig, und kommen ausserdem in der praktischen Thätigkeit des Marine-Bauwesens und der Nautik überaus häufig vor. Für letztere Zwecke ist allerdings das Verfahren meistens sehr einfach, indem ein gewöhnliches, aus freier Hand geworfenes und an einer nach Faden eingetheilten Linie befindliches Loth von etwa 5ᵏ Gewicht genügt. Um dabei auch Kenntniss von der Bodenart zu gewinnen wird das Loth unten mit einer Vertiefung versehen und in dieser mit Talg oder dergl. bestrichen, sodass auch die feinsten Bodenspuren sichtbar werden.

Bei sehr grossen Tiefen tritt als Hinderniss auf, dass wegen des Widerstandes der Leine ein leichtes Loth überhaupt kaum noch sinkt, ein schweres an einer dünnen Leine diese bei dem Aufholen oft zum Reissen bringt, und dass man nicht merkt, wann das Loth den Boden berührt.

Fig. 12.



Es hat desshalb zuerst Brooke das in nebenstehender Fig. 12 dargestellte, für grössere Tiefen geeignete Loth construirt, wobei nach dem Aufstossen des unten mit einer Talggrube versehenen Stabes die etwa 30ᵏ schwere Kugel abfällt und dadurch das Erreichen des Grundes bemerkbar macht, namentlich aber das Aufholen sichert. Das Aufstossen auf den Boden muss ausserdem durch Beobachtung mit der Secundenuhr constatirt werden. Indem wegen des wachsenden Widerstandes die Geschwindigkeit des Sinkens mit der Tiefe ziemlich gleichmässig abnimmt, so wird bei plötzlicher starker Abnahme der Geschwindigkeit der Grund als erreicht ange-

[21]) Canal and River Engineering by D. Stevenson. Edinburgh 1872.

nommen und die Schnur wieder angezogen. Das Brooke'sche Loth ist vielfach verändert z. B. durch Körperformen, welche leichter sinken als eine Kugel, ferner durch Anbringung von Gänsekielen, Zangen, Hohlcylindern u. s. w. für die Grundproben, insbesondere durch Anwendung von Klavierseitendraht statt der Hanfleine.

Ausser dem eigentlichen Loth dient aber auch das Patent-Log (Cap. V, § 25) zur Tiefenmessung, indem der Zählapparat den durch das Wasser zurückgelegten Weg angiebt. Noch sinnreicher ist das von Siemens[22]) erfundene „Bathometer", welches bezweckt, an einem irgendwo im Schiffe hängenden Apparat in jedem Augenblicke die Tiefe erkennen zu können, über welche das Schiff hinwegfährt. Der Apparat basirt darauf, dass das Gewicht eines Körpers in der Höhe des Meeresspiegels um so kleiner wird, je weiter die dichten Bestandtheile der Erde von ihm entfernt sind. Der betreffende Körper besteht aus einer Quecksilbersäule, welche unten auf einem gewellten Stahlbleche ruht. Durch die Bewegung desselben wird mit Hülfe electrischen Contacts ein Zeiger auf einem Zifferblatt gedreht und die Tiefe angezeigt.

Ein für den Seefahrer besonders wichtiger Zweig der Hydrographie ist sodann die Feststellung der Seewege (Passagen oder Routen) oder die Ausarbeitung sog. Segelhandbücher oder Segelanweisungen, welche sich ausser auf die allgemeinen Seekarten auch auf die beizufügenden Wind- und Strömungs-Karten stützen. Nur mit Hülfe dieser Arbeiten kann die praktische Aufgabe der Nautik gelöst werden, zwischen zwei gegebenen Punkten der Erde (dem Abgangs- und dem Bestimmungsorte des Schiffes) den möglichst kurzen und in kürzester Zeit zu durchfahrenden Weg durch den Ocean festzulegen. Es kommen dabei also nicht nur die geometrischen Längen der Wege, die von der Lage der Continente und Inseln abhängen, in Betracht, sondern auch alle Abweichungen von den kürzesten Wegen, welche zu machen sind um mit Rücksicht auf Winde, Stürme, Strömungen, Eis u. s. w. in der schnellsten und sichersten Weise das Ziel zu erreichen. Dass dabei die Art des Schiffes, namentlich der Gebrauch der Segel oder der Dampfkraft, sodann aber auch die Jahreszeit der Reise von Bedeutung, ist wohl selbstverständlich.

Von verschiedenen Autoritäten sind Routen- oder Passage-Tabellen aufgestellt, in welchen die mittlere Dauer für einzelne Reisen über die ganze Erde bestimmt ist, z. B. in den Veröffentlichungen des *Board of trade*, im *Sailor's pocket-book* von Capt. Bedford, in Maurys Tabellen über Schnittpunkte, worauf hier verwiesen werden muss. Ebenso giebt es Listen und Karten von Untiefen u. s. w. aller Meere.

Ausser diesen für die sog. grosse Fahrt bestimmten Segelhandbüchern u. s. w. wird für jede schiffbare Flussmündung, oft sogar für das Fahrwasser eines einzelnen Hafens eine specielle Segelanweisung geschrieben, aus welcher alles zu ersehen sein muss, was aus der betreffenden Karte entweder gar nicht oder nicht deutlich genug hervorgeht. Es ist dies in der Regel eine gemeinschaftliche Arbeit des Ingenieurs und des Seemanns. Man geht dabei von der See aus und beschreibt zunächst die dauernden natürlichen Objecte, die vom Fahrwasser aus zu beachtenden verschiedenen Untiefen nach Lage und sonstiger Eigenthümlichkeit, sodann die Tiefen und den Ankergrund des Fahrwassers u. s. w., danach die veränderlichen Erscheinungen, z. B. die Strömung, Brandung, vorübergehende Riffbildung bei gewissen Winden u. s. w. und endlich die als Seezeichen dienenden, meist künstlichen Objecte nach ihrer Erscheinung von den einzelnen Punkten des Fahrwassers. So ist z. B. für Leuchtthürme anzugeben ihre geogr. Länge und Breite, ihre Form, die Höhe des Thurmes und des Lichtes über dem Meere, eine Beschreibung des Lichts, die Sichtbarkeit desselben u. s. w. Aehnliches gilt für Leuchtschiffe und feste Baken. Von allen schwimmenden Seezeichen wie Tonnen, Boyen u. s. w. wird von der See her eine fortlaufende Nummerirung nebst Angabe der Lage, Form und Farbe und ihrer Bedeutung im Einzelnen wie der ganzen Reise aufgestellt und bei jeder einzelnen Tonne u. s. w. gesagt, auf welcher Wassertiefe sie liegt und in welcher Entfernung sie sichtbar wird. Im Uebrigen siehe betr. Seezeichen Cap. XVIII.

Der für das maritime Bauwesen sowie für die Seeschiffahrt direkt wichtigste Theil der Hydrographie ist endlich die kartographische Aufnahme des Meeres insbesondere der Küsten und Küstengewässer. Man unterscheidet dabei Special-

[22]) Siehe Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1877.

karten etwa im Maasstabe von 1:50000 bis 300000 und Generalkarten etwa in 1:1000000. Alle Seekarten werden rechtweisend und nach Mercators Projection gezeichnet (vergl. § 27). Längen und Breiten müssen am Rande nach Graden und Minuten aufgetragen sein, der Breitenunterschied in Minuten der Meridiane entspricht dann einer gleichen Anzahl Seemeilen.

Die wirkliche Entfernung zweier Punkte auf einem Breitenparallel findet sich dadurch, dass man die halbe Entfernung aus der Karte von dem betreffenden Breitenparallel aus nach oben und unten auf dem Meridianrande absetzt. Der Breitenunterschied der abgesetzten Punkte giebt dann die richtige Entfernung in Seemeilen. In entsprechender Weise findet man die Entfernungen von zwei Punkten, die weder auf einem Meridian noch auf einem Breitenparallel liegen (s. auch § 29 Cursdreieck).

Falls nicht andere Rücksichten, wie z. B. die Anlage eines Seehafens oder die Verbindung desselben mit gewissen Punkten des Binnenlandes in Betracht kommen, handelt es sich in der Regel nur um die Darstellung der Küste, soweit sie vom Meere aus sichtbar ist und andererseits um die Aufnahme des Meeres vor der Küste, soweit die Schiffahrt zur sicheren Ansegelung der Küste oder zum gefahrlosen Passiren gewisser Meeresgegenden interessirt ist. Wenn die Küste überall zugänglich ist, kann sie in der gewöhnlichen Weise, am besten nach vorgängiger Dreiecksmessung, wobei alle wichtigeren und von der See aus sichtbaren Objecte, Thürme u. s. w. als Dreieckspunkte zu benutzen sind, bequem und genau aufgemessen werden. Weit schwieriger wird die Aufgabe, wenn die Küste nicht betretbar für den Vermessenden ist, wie z. B. in Kriegsfällen. Alsdann muss wie bei der Vermessung auf offener See eine Basis auf der See zunächst durch astronomische Beobachtungen festgelegt werden, und ist auch dann nur die Einmessung einzelner hervorragender Küstenpunkte möglich.

Die Vermessung der von der See bedeckten Fläche beschränkt sich nun in allen Fällen zunächst auf die Bestimmung der Lage und Tiefe einzelner, meist willkührlich genommener Punkte, deren Entfernung je nach dem rascheren oder langsameren Wechsel der Höhenlage näher oder weiter gewählt wird. Nur etwaige Felsenspitzen oder sonstige besonders gefährliche Punkte, wie Wracks u. s. w. werden speciell aufgesucht und mit aller Genauigkeit eingemessen. Bei genügender Nähe der einzelnen Punkte lassen sich daraus zur besseren Uebersicht zusammenhängende Tiefencurven construiren, welche zum Verständniss mancher Fluth- und Strömungserscheinungen absolut unerlässlich sind. Siehe Fig. 1, Taf. XLV. Ausser der Vermessung der einzelnen Tiefenpunkte kommt es aber in vielen Fällen auch auf die Bestimmung der Bodenart, in welcher sich diese Punkte befinden, an. Denn da die verschiedenen Bodenarten z. B. Schlamm, Thon oder Sand in der Regel für bestimmte Meeresgegenden mit gewissen Tiefen in Zusammenhang stehen, so wird die Karte durch ihre Eintragung den natürlichen Verhältnissen des ganzen Meeresgrundes ähnlicher dargestellt und werden die einzelnen Partien um so weniger leicht zu verwechseln sein. Hierin beruht nämlich unter gewissen Umständen vorzüglich der Werth einer Seekarte. Denn indem bei der hydrographischen Messung, sowie bei dem praktischen Peilen das Loth Spuren des Bodens mit heraufbringt und die Bodenarten gerade in der Nähe der Küste meist besonders rasch wechseln, so gewinnt bei Nacht und Nebel oder Sturm, in Ermangelung jeder anderen Beobachtung, der Schiffer aus dem Wechsel der Tiefen und Bodenproben, sowie durch Messung der eigenen Fahrgeschwindigkeit und Richtung und endlich aus der Vergleichung aller

dieser Stücke mit der Karte nach und nach Aufschluss, welchen Curs er zuletzt genommen hat und wo er sich augenblicklich befindet. Siehe Fig. 1, Taf. XLV.

So einfach darnach nun auch die Aufgabe der Vermessung erscheint, so schwierig und complicirt ist sie jedoch in der Ausführung. Denn selbst bei einer vom Lande aus detaillirt und sicher vermessenen Küste sind deren höchsten Punkte nur auf eine gewisse Entfernung in der See zu sehen. In diesem Falle misst man an einem seiner Lage nach zu bestimmenden Punkte des Wassers vom Schiff aus gleichzeitig mit zwei Sextanten die zwei an dem fraglichen Punkte liegenden Winkel zwischen drei bekannten Punkten des Landes. Man kann daraus die Lage des Punktes mit Hülfe des Pothenot'schen Satzes berechnen, viel bequemer aber und in den meisten Fällen genau genug dieselbe mit Hülfe eines dreischenkligen Transporteurs, dessen mittlerer Schenkel festliegt, oder auch mittelst Auftragung der zwei Winkel auf Pauspapier graphisch bestimmen. Durch Auslegung mehrerer Reihen schwimmender Zeichen, deren erste Reihe man zuvor mit Hülfe der festen Punkte der Küste eingemessen hat, kann man so eine gewisse Strecke seewärts fortfahren, doch gestattet die Kostspieligkeit vieler und weit sichtbarer Zeichen keine ausgedehntere Verwendung.

Es kommt also schliesslich, wie bei der Aufmessung einer nicht zugänglichen Küste auf die astronomische Ortsbestimmung hinaus. Indem hinsichtlich der Methoden dieser Messungen auf die speciellere Literatur verwiesen werden muss, sei nur erwähnt, dass dabei in der Regel aus einer Anzahl einzelner Distanzen eine einzige grössere Basis oder Curslinie construirt und diese womöglich in die Richtung des Meridians oder eines Breitenparallels gelegt wird. Von dieser Basis aus werden dann die einzelnen Nebenlinien oder Peillinien mit Hülfe des Compasses, des Logs und soweit möglich des Sextanten festgelegt und mit dem Lothe ausgepeilt.

Unter Umständen wird eine Entfernung auf dem Wasser auch durch den Schall ermittelt, wobei allerdings keine grosse Genauigkeit zu erwarten und unbedingt ruhige Luft erforderlich ist. Die Fortpflanzung des Schalles hängt von der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Schwere der Luft ab und hat man daher diese Elemente zu berücksichtigen. Bei trockener Luft im Normalzustande hat man für die Schnelligkeit des Schalles in einer Secunde $332^m,25$ angenommen. Nennt man diese Grösse V_0, während die gesuchte Geschwindigkeit mit V bezeichnet wird, so hat man:

$$V = V_0 \sqrt{\frac{760\,(1+\gamma\, t)}{b - \varepsilon\, e}}\,,$$

wo ε und γ Coefficienten für Dampfspannung und Temperatur sind, t und e die mit dem Thermometer und Psychrometer ermittelten Temperaturen in Celsiusgraden bezw. Dampfspannungen in Millimetern und endlich b der Barometerstand in Millimetern. Die constanten Coefficienten sind $\varepsilon = 0{,}3779$ und $\gamma = 0{,}003665$.

Hat man V ermittelt, so wird diese Grösse nur mit der Anzahl Secunden multiplicirt, welche zwischen Wahrnehmung gleichzeitig abgegebener Licht- und Schall-Signale verstreichen, um die Entfernung zwischen der Schallquelle und dem Beobachter zu finden.

Bei allen Peilungen an den Küsten, wobei es auf kleinere Unterschiede ankommt und daher die Ebbe und Fluth von Bedeutung ist, muss die Wassertiefe auf einen bestimmten Wasserstand reducirt werden, wozu in der Regel der mittlere Niedrigwasserstand der Springzeit genommen wird. Mit Hülfe der für den betreffenden Ort bekannten Hochwasserzeiten und genauer Zeitbeobachtung bei jeder Lothung lässt sich nach der von Herschel im *„Manual of scientific enquiry“*[23]) gebenen Formel:

$$R + r\,.\,cos\left(\frac{t}{D}\,.\,180^0\right),$$

[23]) Manuel of scientific enquiry etc. by Sir John F. W. Herschel, London 1871. pag. 33.

worin R die Niedrigwassermarke für die betreffende Gegend, r die Fluthhöhe über dem mittleren Wasserstande (halbe Tide) an dem Beobachtungstage, D die Dauer der betreffenden Tide, t die mittlere Zeit seit dem letzten Hochwasser bedeuten, die Reduction jeder einzelnen Lothung leicht vornehmen, wenn nicht etwa die Correctionen der einzelnen Lothungen durch gleichzeitiges Ablesen eines genügend nahen Pegels direct geschehen können.

Eine wesentliche Vervollständigung der Küstenkarten gewähren die sogen. Küstenbilder, d. i. leichte Skizzen von besonders wichtigen Küstenstrecken, welche in kleinem Maasstabe an geeigneten Stellen der Karten aufgetragen werden und alle hervorragenden Objecte, Berge, Dünen, Thürme, Baken u. s. w. in ihrer charakteristischen Form und Stellung vom Meere aus gesehen enthalten; siehe Taf. XLV, auf welcher verschiedene Thürme und Baken der betreffenden Küsten angegeben sind.

§ 27. Seeschiffahrt. Entwickelung und Fortschritte. Fast keine menschliche Thätigkeit hat sich nach dem Zeugniss der Geschichte zur Hebung der Macht und des Wohlstandes ganzer Völker wirksamer erwiesen als die Seeschiffahrt. Viele Jahrtausende sind jedoch erforderlich gewesen, um aus den rohesten Anfängen des Schiffbaues und der Schiffahrtskunde zu einer gewissen Sicherheit der Ausübung und damit zu einer Beständigkeit der Formen und Regeln zu gelangen. Höchst wahrscheinlich dürfen aber die ältesten uns überlieferten Schiffsformen, so unvollkommen sie jetzt erscheinen, doch als das Product einer längeren Lehrzeit gelten als zwischen jenen und unsern heutigen Schiffen liegt. Für den mit Hafenbau beschäftigten Ingenieur ist nun die Kenntniss der wesentlichsten Hülfsmittel der Seeschiffahrt absolut unerlässlich; es möge daher eine kurze Uebersicht über dieselben zunächst in geschichtlicher Reihenfolge hier Platz finden.

Als älteste seefahrende Völker werden die Chinesen, Aegypter und Phönizier angesehen. Wenngleich schon vor Homers Zeiten die Schiffahrt auch von andern Völkern namentlich des Mittelmeeres als eine Küstenschiffahrt ausgeübt wurde, so scheinen doch erst die Phönizier etwa um das Jahr 600 v. Chr. die erste grössere Fahrt, die Umsegelung Afrikas, gewagt und ausgeführt zu haben. Es wurde diese Reise auf Veranlassung des Königs Necho von Aegypten unternommen und in drei Jahren, vom rothen Meere aus und durch die Strasse von Gibraltar, den damaligen Säulen des Herakles zurück, beendigt. Den Phöniziern folgten die Carthager, Griechen und Römer in der Seeherrschaft; von letzteren beiden Völkern liegen sehr ausführliche Nachrichten und sogar in baulichen Einrichtungen directe Beweise von einer hochentwickelten Schiffsbautechnik vor.

Es war aber die Nautik in ihren übrigen Zweigen längst nicht in demselben Maasse ausgebildet als in dem einen Zweige der Schiffsbaukunst. Man verstand zwar Schiffe von über 6000 Tonnen Gehalt zu zimmern, hatte jedoch zu deren Bewegung bis an 300 Ruderer nöthig. Es mag allerdings die Bedeutung der grössten Schiffe als Schlachtschiffe und ihr Hauptmanöver, das Niederrammen des Gegners, die wesentlichste Ursache zur Anwendung einer so ungeheuren Zahl von Ruderern gewesen sein, jedenfalls war aber für den verhältnissmässig geringen Gebrauch der Segel die mangelhafte Ortsbestimmung und Erhaltung des Curses der wichtigste Grund. Zu diesen beiden Hauptforderungen einer Schiffahrt auf hoher See bot nur die Beobachtung der Tages- und Nacht-Gestirne mit blossem Auge das einzige Mittel, welches ausserdem bei dunklem Himmel sofort versagte.

Bis zum Ausgange des Mittelalters hat wegen dieser Mängel die Schiffahrt keinen wesentlichen Fortschritt zu verzeichnen, wenngleich durch tollkühne Fahrten der Gothen und später der Normannen die Grenzen der alten phönizischen Schiffahrt nach Norden und Westen erheblich erweitert wurden.

Erst am Ende des 12. Jahrhunderts beginnt durch die Anwendung des Compasses in Europa eine neue Aera der Schiffahrt. Die Entdeckung dieses Instrumentes verliert sich zwar in das graue Alterthum und darf wahrscheinlich als ein Verdienst der Chinesen gelten, von denen durch die Vermittelung der Araber die Kunde nach Europa gekommen zu sein scheint. Die ihm von Flavio Gioja aus Amalfi gegebene Anordnung hat sich im Wesentlichen bis auf den heutigen

Tag erhalten. Sie besteht im Gegensatz von dem auf dem Lande gebräuchlichen Compasse darin, dass nicht wie bei diesem die Nadel frei zwischen den Strichen des Umfanges hin und her spielt, sondern dass dieselbe mit der sog. Strichrose (siehe Windrose § 20) fest verbunden ist. Es zeigen daher die Striche des Seecompasses stets nach derselben Himmelsgegend. Die sog. Cardanische Aufhängung, bestehend in zwei concentrischen Ringen, in denen der Compass um zwei sich rechtwinklig kreuzende, ideelle Achsen schwingen kann, hebt die störende Schwankung des Schiffes auf, scheint jedoch erst in späterer Zeit angebracht zu sein.

Zugleich mit der Erfindung des Compasses übten die Fortschritte der Astronomie einen bedeutenden Einfluss auf die Sicherheit der grösseren Seefahrt aus. Im 15. Jahrhundert wurden tragbare Astrolabien zu astronomischen Ortsbestimmungen auf der See angewandt und dienten mit dem Compass als die wichtigste Grundlage für die grossen Entdeckungsreisen der Spanier und Portugiesen. Diese Reisen, die zu den grössten Thaten aller Zeiten gehören, und den gewaltigsten Umschwung in der gesammten Weltanschauung gebracht haben, sind besonders die Durchfahrung des atlantischen Oceans unter Columbus 1492, die des indischen Oceans unter Vasco de Gama 1497 und die Umschiffung der Südspitze Amerikas durch Magelhans 1519—21. Durch die letztere Fahrt wurde der stille Ocean zuerst befahren, wenngleich er bereits 1513 durch Balboa von den Cordilleren Dariens zuerst erblickt war.

Eine der wichtigsten wissenschaftlichen Entdeckungen war die direkte Folge der erstgenannten Fahrt über den atlantischen Ocean, die Beobachtung der Missweisung des Compasses oder die örtlich veränderliche Declination der Magnetnadel. Die zeitliche Veränderlichkeit ist viel später entdeckt worden.

Im 16. Jahrhundert wurde zunächst ein wichtiges praktisches Mittel zur Bestimmung der durchlaufenen Distanz erfunden, das Log (siehe Cap. V, § 25 und § 1 dieses Capitels), doch bezeichnet den grössten Fortschritt für die praktische Nautik, insbesondere für die genaue Bestimmung des Curses die von Merkator (Cremer) erfundene Kartenprojection (siehe § 26). Die vorher gebrauchte sogen. platte Karte, in welcher die Breiten- und Meridian-Grade nur einfach als gerade Linien gezeichnet waren, bot schon eine gewisse Bequemlichkeit zum Auftragen der Curslinien, verursachte jedoch erhebliche Fehler namentlich in den höheren Breiten. Dadurch dass nach Merkator ausser der Begradigung die Breitengrade in derselben Weise wie die Längengrade vergrössert werden, bleibt an jeder einzelnen Stelle der Karte das richtige Verhältniss zwischen beiden, wenngleich die Karte im Ganzen von Süd nach Nord hin in fortwährend verändertem Maasstabe gezeichnet ist. Es können daher auf dieser Karte nicht nur die Schiffswege als gerade Linien gezeichnet werden, sondern alle Winkel sind auch absolut richtig.

Trotz der bis jetzt erwähnten Entdeckungen und gewonnenen Hülfsmittel blieb aber die Ausübung der Schiffahrt noch mit vielen Mängeln behaftet, welche namentlich in der Unvollkommenheit der Längenbestimmung ihren Grund hatte. Bekanntlich ist der Längenunterschied zweier Orte in Graden gleich dem Unterschied der Tageszeiten, wenn die Stundenzahl mit 15 multiplicirt wird. Der Seefahrer muss also zur Längenbestimmung seines jeweiligen Ortes die Zeit desselben und die Zeit desjenigen Meridians wissen, auf welchen er seinen Längenabstand bezieht. Ausser verschiedenen theoretisch richtigen, praktisch aber wenig brauchbaren Wegen führt hierzu die zuerst 1514 von Werner vorgeschlagene Bestimmung der Monddistanzen und die 1530 von Frisius empfohlene direkte Uebertragung der Zeit mittelst genauer Uhren. Da der Mond in 1 Tag etwa um 13 Grad, in 1 Stunde also etwa um $^1/_2$ Grad seinen Ort von West nach Ost am Himmel verändert, so hat man nur die Distanzen des Mondes von einem in seiner Bahn oder in der Nähe liegenden Fixsterne voraus zu berechnen, sodann während der Fahrt diese Distanzen zu messen und daraus die entsprechende Zeit und Orts-Länge zu bestimmen. Da nun aber beide Wege sehr genauer Berechnungen und Apparate bedurften, so blieben sie bis zur zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ohne praktischen Erfolg, weil Astronomie und Mechanik zu wenig entwickelt waren. Erst die Mondstafeln von Halley, Euler und Tobias Mayer, die vorzüglichsten des vorigen Jahrhunderts, genügten mit Hülfe des 1731 von Hadley erfundenen und nun an die Stelle des vor etwa 300 Jahren von Regiomontan eingeführten Gradstockes tretenden Spiegelsextanten zur Bestimmung der Monddistanzen in ähnlicher Weise wie der 1758 von Harrison construirte Schiffschronometer zur direkten Ablesung der Zeiten. Hiermit endlich war die wissenschaftliche und praktische Steuermannskunst in ihren Hauptfundamenten gesichert.

§ 28. Seeschiffahrt. Allgemeines über Bezeichnungen, Segeln und Steuern. Es kann hier nicht entfernt versucht werden sämmtliche bestehenden Arten von Schiffen

zu beschreiben; es wird vielmehr für unsere Zwecke genügen die wesentlichsten Eigenschaften des Seeschiffes überhaupt zu erörtern. Es hat sich auch in neuerer Zeit herausgestellt, dass vorzüglich nur noch für die kleinere oder die Küstenschifffahrt eine grosse Verschiedenheit der Form des Rumpfes und der Besegelung besteht, welche sowohl durch die Gewohnheit als auch durch die besonderen Anforderungen des betreffenden Küstenstrichs zu erklären sind, dass dagegen für die eigentliche grosse oder Hochsee-Schiffahrt die Schiffe aller Nationen sich immer ähnlicher werden.

Die wichtigsten Forderungen an die Seeschiffahrt sind Sicherheit, Schnelligkeit und Billigkeit. Diese Forderungen unterstützen sich gegenseitig nur selten, und kommen viel häufiger mit einander in einen Streit, der nur durch den speciellen Zweck des betreffenden Schiffes entschieden werden kann. Die Sicherheit ist vorzugsweise abhängig von der stabilen Form, von der festen Construction und von der Lenkbarkeit, ausserdem aber bei ein und demselben Schiffe auch von der zweckmässigen Beladung, von der geschickten Führung ganz abgesehen.

Die Schnelligkeit steht bei fast gleichen Verhältnissen am meisten der stabilen Form feindlich gegenüber. Sie ist vorzüglich abhängig von der Kleinheit der Fläche des eingetauchten grössten Querschnittes im Vergleich zum ganzen Volumen oder der Ladefähigkeit, nebenbei auch von der grösseren Zuschärfung des Vorder- und Hintertheils, welche eine leichtere Zertheilung des vor dem Schiffe befindlichen Wassers und ein sanfteres Zusammenfliessen des getrennten Wassers und damit einen geringeren Verbrauch der dem Schiffe innewohnenden lebendigen Kraft bewirken.

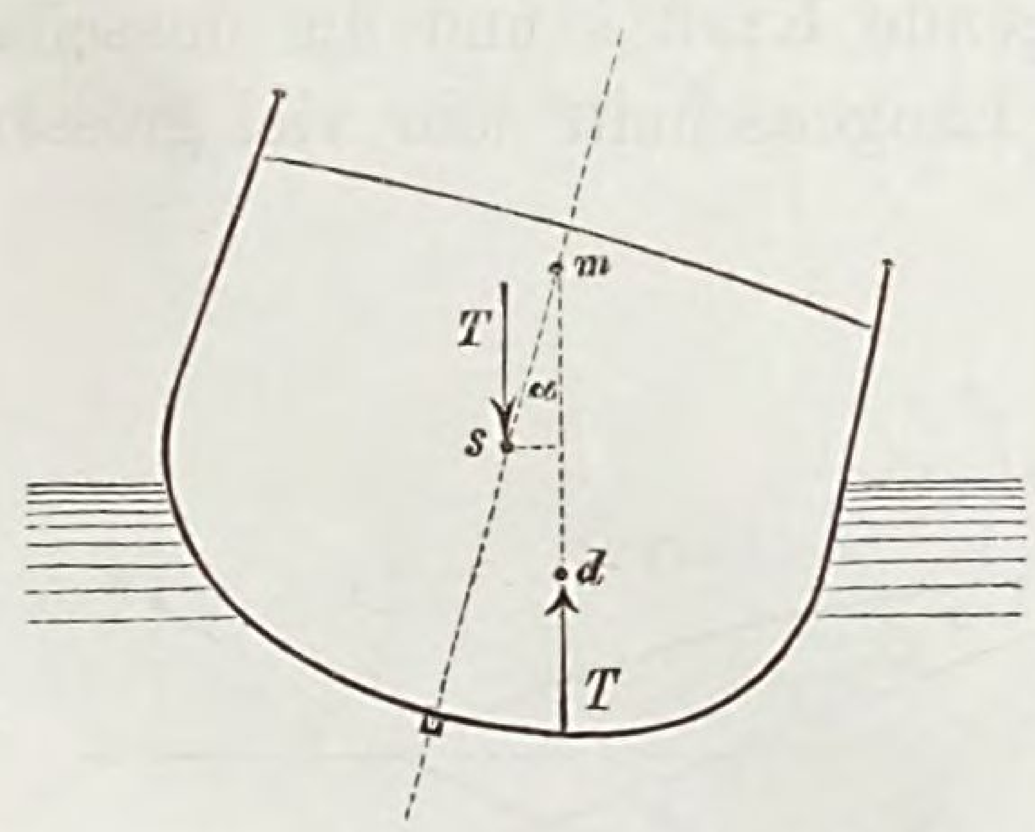
Von der Art der Ladung wird es dann am meisten abhängen, ob zur Erreichung einer billigen Fracht ein Schiff sehr voll und damit meistens stabiler oder sehr scharf und damit schnellfahrend gebaut werden muss. Denn man kann im Allgemeinen sagen, dass für werthlosere Ladungen die volleren, für theuere Ladungen die schlankeren und schnelleren Schiffe geneigter sind.

Die Bezeichnung der wichtigsten Stücke eines Schiffes möge hier zunächst Platz finden:

Zu allen Maassangaben wird ein Schiff in dem Zustande gedacht, wo es mit voller Ladung in ruhigem Wasser schwimmt. Die Schnittlinie der Wasseroberfläche mit dem äusseren Schiffskörper heisst dann die oberste, Lade- oder Constructions-Wasserlinie. Die grösste Länge der von dieser Linie umschlossenen Fläche heisst die Länge zwischen den Perpendikeln oder kurz die Länge, die grösste Breite derselben Fläche wird die Breite ausser den Spanten oder die grösste Breite genannt. Die Entfernung der tiefsten Stelle des Kiels von jener Fläche heisst der Tiefgang oder die grösste Tauchung. Die Linie, welche in der halben Höhe zwischen oberster Wasserlinie und Kiel den Umriss eines Horizontalschnitts bildet, heisst mittlere Wasserlinie. Wenn man von der Spitze der Wasserlinie nach rechts und links an die Wasserlinie Tangenten zieht, so heisst der von diesen eingeschlossene Winkel der Bugwinkel oder Winkel der Wasserlinie. Hauptspant, Nullspant oder grösster Querschnitt heisst der an der Stelle der grössten Breite rechtwinklig zur Länge gelegte Querschnitt durch das ganze Schiff (No. 9 in Fig. 1 und 2^b, Taf. XLVI), wovon der eingetauchte Querschnitt unter der Wasserlinie liegt. Das Volumen des unter dieser Linie liegenden Schiffskörpers oder des durch ihn verdrängten Wassers wird das Deplacement des Schiffes genannt, welches durch Multiplication mit dem specifischen Gewicht des Seewassers auch in Gewichts-Tonnen (siehe w. u. § 33) angegeben werden kann. Eigengewicht incl. etwaiger Maschine

und Kessel und volle Ladung sind also gleich dem Deplacement in Tonnen. Jeder Querschnitt eines nicht ganz parallelepipedisch gestalteten Schiffes besitzt ein verschiedenes Stabilitätsmoment, welches ausserdem nach der jeweiligen Lage des Schiffes sich ändert. Bedeuten in nebenstehender Fig. 13, sowie in Fig. 1, Taf. XLVI s den Schwerpunkt des ganzen Schiffs, d den des Deplacements, so ist das augenblickliche Stabilitätsmoment, welches das Schiff wieder in die senkrechte Lage bringen will $= T.\overline{ms}.sin\,\alpha$, worin T den Tonnengehalt und der Punkt m die Lage des Metacentrums bezeichnen. Strenggenommen müsste dieses Metacentrum auch für jeden Querschnitt anders liegen oder man muss sorgen, dass obige Figur den durchschnittlichen Querschnitt des ganzen Schiffes darstelle. Dieser Punkt m liegt bei schwacher Neigung des Schiffes nahezu in constanter Höhe. Fällt er mit s zusammen, so ist gar keine Stabilität mehr vorhanden und liegt er gar unter s, so würde das Schiff kentern. Bei starkem Winde findet fast in jedem Augenblick ein Wechsel in der Gleichgewichtslage statt, weil sowohl das Moment des Windes als auch wegen der Wellenbewegung das Stabilitätsmoment sich rasch ändert. Ein Schiff, welches in Folge geringer Breite wenig Stabilität besitzt, nennt man rank. Ein solches ist der Gefahr des Kenterns besonders ausgesetzt. Die entgegengesetzte Eigenschaft wird mit dem Worte steif bezeichnet. Die Aenderung der seitlichen Lage heisst das Rollen oder Schlingern, die durch das abwechselnde Treffen der Wellenberge und Wellenthäler in der Fahrrichtung des Schiffes erfolgende Hebung und Senkung des Vorder- und Hintertheils heisst das Stampfen. Mit Rücksicht auf diese Bewegungen muss das Schiff beladen — „gestaut" — werden und zwar zu dem Zwecke, damit die Bewegungen möglichst sanft erfolgen. Eine grosse und tief angebrachte Last, z. B. Eisenbahn-Schienen, bewirkt zwar grosse Stabilität, aber heftige Stösse durch zu rasche Schwingung und gefährdet sowohl die Dichtigkeit des Rumpfes durch das sog. Arbeiten oder Wracken als auch die Festigkeit der Masten. Das Stampfen besonders findet bei kleineren Schiffen eher statt als bei grossen und um so heftiger, je mehr schwere Theile der Ladung vorn oder hinten sich befinden oder je schärfer es vorn und hinten gebaut ist. Je voller es vorn und hinten ist, desto mehr Ladung kann es dort vertragen. Das Schlingern tritt besonders ein, wenn das Schiff vor dem Winde läuft, oder wenn die Richtung der Wellen nicht mit der des Windes übereinstimmt. Es wird um so heftiger, je tiefer der Schwerpunkt liegt.

Fig. 13.

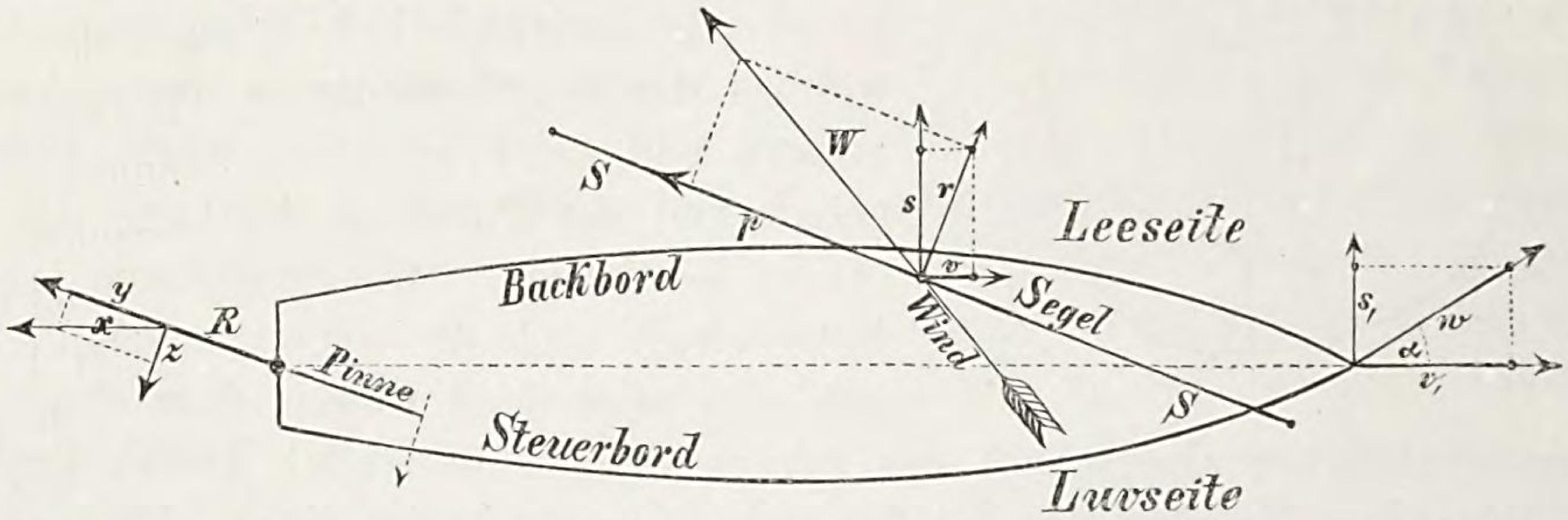


Die Bedingungen der Stabilität ergeben sich nun erst in jedem einzelnen Falle aus dem veränderlichen Stabilitätsmoment, sowie aus dem von der Stärke des Windes und der Grösse und Stellung der Segel, also der Lage des Segelcentrums, (C in Fig. 1, Taf. XLVI), abhängigen Momente des Winddruckes.

Bei dem Segeln finden im Wesentlichen nachstehende Verhältnisse zwischen der Wirkung des Windes und dem Widerstande des Wassers statt, wobei gleich bemerkt werden mag, dass ein planmässiges Segeln ohne die gleichzeitige Mitwirkung des Steuerruders (gewöhnlich bloss Steuer oder Ruder genannt) ganz undenkbar ist. Es sei zur Vereinfachung nur ein Segel SS in der nachstehenden Fig. 14 (S. 754) angenommen, auch dasselbe gradlinig gedacht, obgleich die Besegelung eines grösseren Schiffes aus vielen einzelnen, je nach ihrer Grösse mehr oder weniger gekrümmten,

indess nahezu parallelen Segeln besteht. Es komme der Wind W schräg von der rechten Seite, so wird nach Zerlegung seiner Kraft zunächst parallel und rechtwinklig zur Richtung des Segels von den beiden Componenten p und r nur letztere noch zu beachten sein. Diese wieder zerlegt, und zwar rechtwinklig und parallel zur Richtung des Schiffs, giebt die das Schiff seitwärts drängende Kraft s und die dasselbe vorwärts treibende v. Weil aber das Schiff in seinem Längenschnitt sehr viel grösser

Fig. 14.



als im Querschnitt, und ausserdem seitlich platt, nach vorn aber zugeschärft ist, so wird je nach diesen Verhältnissen aus dem Parallelogramm $s\,v$ ein anderes $s_,\, v_,$, welches zur Vereinfachung der Figur, obgleich nicht richtig, am Bug des Schiffes gezeichnet ist. Die Resultante w der beiden letzteren giebt das wirkliche Fortschreiten, die Componente $s_,$, oder auch der Winkel α, die sog. Abtrift an. Bei diesem Vorgange ist indessen stillschweigend die Wirkung des Steuers vorausgesetzt, weil sich ohne diese das Schiff bald so in den Wind drehen oder aufluven würde, dass die Segel unwirksam werden, oder killen müssten. Es dient das Ruder R durch die in der Figur angedeutete Drehung dazu, das Schiff auf seinem Curs (scheinbar in der Richtung $v_,$, factisch nach w) zu erhalten. Es setzt freilich der Gebrauch des Steuers wieder eine gewisse Vorwärtsbewegung des Schiffes voraus. Alsdann leistet das schräg gestellte Ruder je nach der Schnelligkeit der Bewegung und nach seiner Stellung zur Schiffsachse einen Widerstand x, welcher jedoch nur in der rechtwinkligen Componente z zur Wirkung kommt. Von dieser freilich wird erst die nicht weiter gezeichnete, rechtwinklig zur Schiffsachse zerlegte Componente die Drehung des Schiffes vom Hintertheil aus oder die Vermeidung einer Drehung durch den Wind bewirken. Die Ruder müssen mit ihrer Fläche in einem bestimmten Verhältniss zur Schiffsfläche stehen und sind in der Regel nur etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ der Schiffsbreite lang, weil sie sonst zu schwer zu bewegen sein oder zu leicht von den Wellen zerschlagen werden würden. Durch geeignete Handhabung und Stellung der Segel besonders am Vordertheile des Schiffes, sowie durch das in Fig. 13, Taf. XLVI dargestellte sog. Balancesteuer kann indess die Wirkung des Ruders wesentlich verstärkt werden. Es ist aber niemals eine plötzliche Wendung des Schiffes auf einem Punkte, sondern immer nur eine Drehung in einem gewissen kleinsten Kreise, dem Drehungskreise, möglich. Es ergiebt sich aus der theoretischen Betrachtung ferner leicht, dass das Steuer nicht viel über 30 Grad gedreht werden darf, dass seine drehende Wirkung bei 90 Grad sogar gleich Null wird und dass übrigens dieselbe im quadratischen Verhältnisse mit der Geschwindigkeit des Schiffes wächst.

In Folge des unvermeidlichen Winkels zwischen Segel und Schiffsrichtung, sowie der Abtrift können grössere Schiffe nur etwa unter 45 Grad oder etwa 4 Strich gegen die Richtung des Windes oder „am Winde“ segeln, wogegen allerdings Segeljachten und Boote mit scharfem Kiel bis zu $1\,^1/_2$ Strich am Winde segeln. Liegt der

beabsichtigte Weg noch mehr der Windrichtung entgegen, so muss das Schiff in einer Zickzacklinie gegen den Wind aufsegeln, d. h. kreuzen oder laviren. Jede einzelne Linie heisst dabei ein Schlag oder Gang. Je grösser das Schiff, desto mehr Raum z. B. in einem Fahrwasser ist dazu erforderlich. Das Abtreiben wird bei den Schiffen durch die vor den gekrümmten Flächen des Bauches senkrecht vortretenden Flächen des Kieles, der Steven u. s. w. und bei Küstenfahrern, welche einen platten Boden haben, um nöthigenfalls ohne Schaden aufsitzen und bei geringster Wassertiefe noch fahren zu können, durch besondere seitlich angehängte senkrechte Flächen, die Schwerter, möglichst verhindert. Ueber weitere Manöver der Schiffe, siehe § 34.

§ 29. Schiffsarten, Segel, Maste, Tauwerk, Ketten und Anker. Die Zahl und Form der Segel richtet sich nach der Zahl der Masten, sowie der Grösse und speciellen Bauart des Schiffes. Es kommt bei der Anordnung der Segel auf einem bestimmten Schiffe sowohl hinsichtlich der Stabilität als auch der Schnelligkeit zunächst darauf an, dass das Segelcentrum, oder der Schwerpunkt des Winddruckes auf die einzelnen Segel, weder zu hoch und zu weit nach vorn, noch zu niedrig und zu weit nach hinten liegt, weil im ersteren Falle das Schiff an Stabilität verliert und vorüber gedrückt wird, im letzteren Falle aber hinten zu tief einsinkt. Es kommt dabei ferner in Betracht, ob das Schiff durch Bauart oder Beladung entweder vorder- oder hinterlastig ist. Je voller das Schiff vorn, desto weiter muss und darf auch der Segel-Schwerpunkt nach vorn rücken. Die Grösse der Segel im Ganzen hängt vorzüglich von der Stabilität der Schiffe ab. Scharf gebaute Klipper tragen oft mehr Segel als völlig gebaute Schiffe. Sodann richtet sich die Zahl der Segel vorzüglich nach der Grösse des Schiffes, indem zwar gewisse Segel auch mit der Grösse des Schiffes zugleich wachsen, man jedoch auch die Zahl vergrössert, damit nicht die einzelnen Segel zu schwerfällig in der Handhabung werden. Aus demselben Grunde wird bei grösserer Länge des Schiffes die Zahl der Masten vermehrt. Von Dampfschiffen und vereinzelten Ausnahmen abgesehen hat sich für das Segelschiff ein ziemlich fester Gebrauch in der Anwendung der Masten und Segel herausgebildet, und erscheinen nur noch bei den Küstenfahrern und den halbcivilisirten Nationen wesentliche Eigenthümlichkeiten. Die nur bei kleineren Fahrzeugen vorkommenden Segelformen wie das dreieckige Lateinsegel, das ebenfalls an einer Raastänge hängende trapezförmige Luggersegel, das mit einer diagonalen Stange ausgesteifte Sprietsegel, Fig. 5, 6 und 8, Taf. XLVI, finden auf grösseren Schiffen kaum eine Anwendung. Es sind hier drei Hauptarten: das Gaffelsegel, Fig. 7, auch in 1, 3 und 4, welches mit der einen Langseite direkt am Maste und mit der oberen Kurzseite an einer den Mast gabelförmig umfassenden, von da schräg nach oben gerichteten, auf und niederzulassenden Stange befestigt und entweder nur an dem noch freien Endpunkte durch ein Seil (Schote) oder an der ganzen unteren Seite durch einen ebenfalls den Mast umfassenden Baum gehalten wird (Baumsegel); das trapezförmige Raasegel, welches an seiner oberen Kante an einer horizontalen Stange, der Raa, stets symmetrisch zu dem Maste angebracht ist und an seinen beiden unteren Enden mittelst je einer Schote festgebunden ist; endlich das dreieckige Stag- oder Fock-Segel, welches mit Ringen auf den schräg von den Masten nach vorn geführten Tauen befestigt ist und am losen Ende durch eine Schote gehalten wird.

Von diesen Segeln werden, um sie nicht zu gross zu erhalten, oft mehrere übereinander an einem Maste angebracht, so z. B. 3 bis 5 Raasegel an dem hinteren

alsdann auch Kreuzmast genannten Maste, dem mittleren oder grossen Mast und dem vorderen oder Fockmaste, sowie zwischen dem letzteren und dem etwa unter 20 bis 30 Grad schräg liegenden Bugspriet 4 Focksegel. Es werden zwischen den Masten noch zuweilen andere Stagsegel und zur Verbreiterung der Raasegel mittelst Verlängerung der Raastangen sog. Leesegel angebracht, siehe Fig. 1[b] links. Die gewöhnlichen vier Raasegel heissen von unten aufgezählt: das Unter-, Mars-, Bram- und Top-Raasegel, wobei sie durch Zusatz der Bezeichnungen der Maste auch nach diesen unterschieden werden. Fig. 1[b] zeigt auf der linken Seite alle diese Segel gesetzt, wobei die oberen Raaen aufgezogen oder gehisst gezeichnet, auf der rechten Seite die Raaen niedergelassen und die Segel zusammengerollt gedacht sind. Ausser dieser nur zur Vereinfachung der Figuren geschehenen Darstellung einer gleichzeitig unmöglichen Verschiedenheit der Segelstellung ist noch eine andere ebenfalls nur ideelle Darstellung zu beachten, nämlich die der Raasegel in Fig. 1[a] und 3. Die Raasegel sind hierbei um ihre volle Grösse zu zeigen so gezeichnet, als ob sie parallel zu der Längenrichtung des Schiffes ständen. Dies können sie bei wirklichem Gebrauche niemals; auch würden sie bei realistischer Darstellung sich untereinander, sowie zum Theil auch die Focksegel, anders verdecken müssen. Endlich sind fast alle beweglichen Taue in der Zeichnung fortgelassen.

Die Maste werden aus zwei und, wenn 4 Raasegel übereinander liegen, sogar aus drei Stücken zusammengesetzt, wovon das untere, der eigentliche Mast, bis auf den Boden des Schiffes reicht und unbeweglich ist, und das zweite Stück, die Stenge, trägt, welche wiederum durch eine ähnliche Verbindung die Bramstenge hält. Diese Stengen heissen bei dem Fockmast Vor-, bezw. Vor-Bramstenge, bei dem Kreuzmast dagegen Kreuz- und Kreuz-Bramstenge während sie am grossen Mast nach diesem genannt sind. Aehnlich wie der Mast ist auch das Bugspriet aus dem festen Theil und dem verschieblichen Klüverbaum und Aussenklüverbaum zusammengesetzt.

Zur Aussteifung der Masten dienen die seitlich und etwas schräg nach hinten hinabgehenden starken Taue, die sog. Wanten, und die nach vorn gerichteten Stage. Erstere schützen die nach hinten geneigten Maste (am wenigsten ist der Fockmast geneigt) gegen seitliche und nach vorn gerichtete Schwankungen, also gegen den für sie allein zu starken Druck der Segel; letztere sichern den Mast im Falle einer heftigen Reaction, wenn er sich bei plötzlichem Windstosse nach vorn geneigt haben sollte und dann nach hinten zurückschnellt. Die Wanten wiederholen sich von den Stengen nach dem Schiffsbord als Parduhnen und ausserdem als Stengenwanten von jedem oberen Masttheile zu dem unteren. Aehnlich wiederholen sich auch von jeder Stenge die Stage von Mast zu Mast und beim Fockmast zwischen diesen und dem Bugspriet. Auch dieses hat nach unten und zu den Seiten seine besondere Aussteifung. All dieses Tauwerk heisst stehendes, weil es für gewöhnlich feststeht, im Gegensatz zu dem laufenden Tauwerk, welches zur Befestigung oder zum Regieren der Segel dient. Hierhin gehören die Schoten und die Brassen, welche bei grösseren Schiffen vom Deck aus mittelst Flaschenzügen bedient werden.

Vorzüglich nach der Zahl der Masten und ihrer Besegelung werden die Schiffsarten benannt, so bezeichnet die Fregatte oder Vollschiff (Fig. 1, Taf. XLVI) ein Schiff mit drei sogen. vollen Masten d. h. solchen mit zwei Stengen und mindestens 4 Raasegeln, während die Bark am dritten, alsdann Besahnmast genannten Mast nur eine Stenge und hieran keine Raasegel, sondern nur wie Fig. 4 ein Topgaffel-

segel hat; die Brigg hat nur zwei volle Masten und sieht aus wie die Fregatte ohne Besahnmast, die Briggantine hat zwei Masten mit nur einer Stenge aber an beiden Raasegel, die Schoonerbrigg hat einen vollen Fockmast und dahinter einen Besahnmast ohne Raaen, und endlich der Schooner besitzt gewöhnlich als Topsegelschooner nur am Fockmast eine Stenge mit Raaen, zuweilen selbst auch an diesem Mast keine Raaen. Diese beliebteste Schiffsgattung der kleineren Schiffe erleidet ausserdem noch manche Variation z. B. die des sog. Dreimastschooners mit drei fast gleichen Masten u. s. w. Es würde zu weit führen auch die zahlreichen kleinen Schiffe näher zu beschreiben, die sich theils nach der Besegelung, theils nach dem Bau des Rumpfes von einander unterscheiden, so die vorn und hinten voll gebaute, übrigens schoonerartig getakelte Kuff, die ähnlich gebaute einmastige Tjalk im Gegensatz zu dem scharf gebauten einmastigen Kutter (Fig. 7) u. s. w.

Die Längen der Masten und Raaen stehen meistens in sehr bestimmten Verhältnissen zur Länge und Breite des Schiffes, insbesondere die zuweilen sehr schräg zu stellenden Raaen zu der Länge, damit sie alsdann noch den nöthigen Wind aufnehmen.

Das Tauwerk spielt auf dem Schiffe eine sehr wichtige Rolle, weil ganz besonders die Sicherheit im Sturme davon abhängt. Es würde aber viel zu weit führen, die einzelnen Arten des Tauwerks und deren Verwendung zu besprechen und muss es hier genügen, jene zwei Hauptarten, das stehende und das laufende Gut nur im Allgemeinen nach seinen wichtigsten Eigenschaften kennen zu lernen. Das erstere, in den Fig. 1 bis 9, Taf. XLVI nur gezeichnete, soll sich möglichst wenig durch Nässe und Trockenheit verändern und dauerhaft sein. Dies erfüllt europäisches Hanftauwerk nur zum Theil, da es sich durch Nässe zusammenzieht. Es muss desshalb nachgelassen, „geschrikt" werden können, um nicht nach starkem Zusammenziehen die Masten oder selbst wie z. B. mittelst der Wanten den Kiel zu gefährden. Ausserdem muss es schon im Garn mit heissem schwedischen Theer getränkt werden, um die Feuchtigkeit abzuhalten. Es gewinnt dabei etwa 25% Gewicht, nicht aber an Stärke. Zu besonders angestrengten kurzen Tauen z. B. den Verbindungen zwischen Raaen und Masten, den Steuerreeps u. s. w., wird gefettetes Ledertauwerk benutzt. Manillahanf eignet sich besonders im kalten und nassen Klima weniger zu stehendem Gut, weil es leichter fault als europäischer Hanf; ist aber wegen Glätte und Biegsamkeit zu allem leichten und laufenden Gut vorzüglich. Letzteres wird nicht getheert.

Man unterscheidet je nach der Zahl der Stränge oder Kardeelen, aus denen das Tauwerk gedreht ist, drei-, vierschäftiges u. s. w.; nach der Art des Zusammenschlagens rechts und links geschlagenes Tauwerk. Gewöhnlich werden die fertigen Stränge von links nach rechts zusammengedreht, selbst jedoch aus dem Kabelgarn von rechts nach links gesponnen. Kabelschlag heisst dasjenige Tauwerk, wobei je drei Stränge zu einer Ducht, und je drei Duchten wieder von rechts nach links zu dem Kabel zusammengeschlagen werden. Starkes Tauwerk wird nach seinem Umfange, dünnes Gut nach der Zahl der Garne bezeichnet. Die Länge wird noch gewöhnlich in Faden ausgedrückt, wovon 120—150 gleich einer Kabellänge. Vgl. Cap. XVII § 4.

In neuerer Zeit hat das Drahttauwerk das Hanftau zu stehendem Gut sehr verdrängt, weil es fast nur halb so schwer, etwa zweieinhalbmal dünner und den Witterungseinflüssen fast gar nicht unterworfen ist. Es muss aus weichem, gut verzinktem Holzkohleneisendraht um eine Seele aus getheertem Hanftau hergestellt werden,

Regeln und Vorschriften über Tauwerk siehe Werner.[24])

Die sog. Blöcke der Flaschenzüge oder Taljen sind sehr verschiedenartig nach ihrer Form und Einrichtung, insbesondere auch nach der Art der Buchsen, ob mit Leder-, Metall- oder sog. Patent-Buchsen.

Eine grosse allgemeine Wichtigkeit besitzen die Ankerketten, welche schon etwa seit Anfang dieses Jahrhunderts die früher gebräuchlichen Kabeltaue fast ganz verdrängt haben. Die Kette ist leichter zu regieren, billiger, erfordert weniger Sorgfalt und scheuert sich auch auf scharfem Grunde nicht durch. Ankerketten werden gewöhnlich in Längen von 15 Faden gefertigt und zu 90 bis 120 Faden zusammengeschäkelt. In bestimmten Abständen setzt man auch wohl Wirbel ein um die sog. Kinken der Kette auszudrehen. Die schweren Ankerketten haben in der Mitte jedes Gliedes eine sog. Stütze, die leichteren sowie auch Krahnketten u. s. w. nicht. Letztere verändern ihre Form viel früher, doch sollen nach angestellten Proben (siehe Werner) die Stützenketten sich schliesslich fast ebenso viel recken als jene. Sehr zu empfehlen ist nur probirte Ketten zu benutzen. Ketten sowie Taue werden aber durch beständige oder häufig wechselnde längere und starke Spannung unbedingt schwächer. Als Eisen ist besonders gut doppelt gepuddeltes Walzeisen aus altem sorgsam sortirten Schmiedeeisen. In England besteht zweckmässigerweise eine officielle Probe für alle Ankerketten, welche durch einen Stempel bescheinigt wird.

Als letzteres Stück der Ausrüstung seien die Anker erwähnt, deren Gebrauch und Leistung auch dem Bauingenieur genau bekannt sein muss. Die allgemeinsten Forderungen an den Anker sind, dass er leicht und rasch eingreift, sicher hält, möglichst leicht wieder bei dem Lichten loskommt, nicht unklar wird (d. h. sich mit der Kette verwickelt) und dass er sich leicht verstauen lässt. Die Formen sind in neuerer Zeit sehr mannigfaltig geworden, weil die ältere gewöhnliche, siehe Fig. 15, Taf. XLVI, an mehreren Uebelständen leidet. Bei demselben bewirkt nach dem Auffallen auf den Grund das Gewicht der Ankerkette, dass sich der Ring und damit der Stock auf den Boden legt, wodurch einer der beiden Arme, deren Ebene rechtwinklig zur Ebene des Stocks liegt, mit seiner zugeschärften Hand in den Boden eingreift und durch den vermehrten Zug der Kette völlig bis an den alsdann plattliegenden Schaft sich eingräbt. Wenn darauf aber das Schiff z. B. schwajet (d. h. um den Anker einen Kreis beschreibt durch Aenderung von Strom oder Wind), so greift leicht die Kette um den frei vortretenden Arm und der Anker wird unklar und versagt seinen Dienst. Ausserdem lässt sich der Anker schlecht verstauen und er bewirkt endlich unter Umständen für andere über ihn hinwegfahrende Schiffe durch das Vortreten des einen Armes eine gefährliche Beschädigung. Aus diesem Grunde lässt man z. B. für Bagger, die im Strome arbeiten, den einen Arm ganz weg.

Als Verbesserungen des gewöhnlichen Ankers in einer oder anderer Hinsicht können die in den Figuren 16 bis 19 dargestellten Ankerformen gelten. Der Schirmanker, Fig. 19, beseitigt das Unklarwerden, gewährt mit der grossen eingreifenden Fläche bedeutende Sicherheit, lässt sich aber schwer heben und verstauen, ist also besonders für festliegende Schiffe, wie Leuchtschiffe u. s. w. geeignet. Die drei anderen Arten mit beweglichen Armen, bezw. wie bei Fig. 17 nur mit einem Arm, werden nicht unklar und sind leicht zu verstauen. Durch Wegfall des Ankerstocks und den gleichzeitigen Eingriff der zwei Arme ist besonders der Patentanker oder Martinsanker von Inglefield & Lenox ausgezeichnet.

[24]) Die Schule des Seewesens von R. Werner. Leipzig. 1866.

Anker und Ankerketten müssen im Verhältniss zur Grösse des Schiffes stehen, wobei jedoch noch in besonderen Fällen, z. B. bei Leuchtschiffen eine aussergewöhnliche Stärke gegeben wird. In nachstehender Tabelle sind die in der Handelsmarine üblichen Verhältnisse angegeben.

Schiffsgrösse in Tonnen.	Stärke der Kette. Millimeter.	Probirgewicht. Tonnen.	Gew., wobei die Kette reisst. Tonnen.	Gewicht des Ankers. Kilogramm.
50	15	5,25	8,0	300
100	19	9,0	12,5	500
200	25	16,5	22,0	1050
300	28	20,5	27,0	1500
400	32	26,0	35,0	2000
500	35	32,0	44,0	2850
1000	44	52,0	65	5000 .

§ 30. Das Holzschiff und die gewöhnliche Ausrüstung des Decks. Der hölzerne Rumpf besteht im Wesentlichen aus folgenden in Fig. 2[a], Taf. XLVI grösstentheils veranschaulichten Constructionstheilen. Den wichtigsten Theil des Längenverbands giebt der fast stets aus mehreren Stücken zusammengelaschte Kiel *a*, welcher wie bereits bemerkt, unter dem Bauche vortritt um die Abtrift zu verringern. Er trägt den ziemlich stark vorüber geneigten und meist etwas geschweiften Vordersteven und den weniger nach hinten geneigten geraden Hintersteven, welche beide gewissermaassen die Fortsetzungen des Kieles bilden, siehe Fig. 1. Der Kiel umfasst im Verein mit dem durch zahlreiche Bolzen mit ihm verbundenen Kielschwein *b* die sämmtlichen Rippen oder Spanten *d d* zangenartig. Die Spanten müssen stets mindestens aus 3 Hölzern hergestellt werden, wovon das untere, der Lieger, etwa bis zur stärksten Biegung, der Kimme, bei *k* geht und einen oder mehrere bis zur Deckhöhe gehende Auflanger trägt. Jeder Stoss wird stumpf genommen und durch ein zweites Spant möglichst unschädlich gemacht, welches fast unmittelbar neben ersterem steht und nur eine andere Lage der Stösse besitzt. Dasselbe wird mit dem ersteren eigentlich nur halben Spant durch mehrere der Zahl der Stösse entsprechende Bolzen verbunden. Die sämmtlichen Stösse der benachbarten Spanten müssen möglichst verschiessen. Die einzelnen Hölzer der Spanten nennt man die Inhölzer. Die fast an jeder Stelle des Schiffes eine etwas andere Figur bildenden und mit zunehmender Grösse des Schiffs um so dichter gesetzten, bei sehr grossen Schiffen sich fast berührenden Spanten werden einzeln fertig gezimmert, aufgerichtet, nachgearbeitet und sodann aussen mit der Aussenbekleidung aus starken glattgehobelten, aber mit stumpfen Fugen (Näthen) sich berührenden Bohlen bekleidet, welche mit stumpfen, kopflosen Bolzen aus sehr hartem Holz oder Metall aufgenagelt werden. Die einzelnen Bohlen müssen mit möglichst verwechselten Stössen angebracht sein, so dass höchstens nach 3 bis 4 „Gängen“ auf ein und dasselbe Spant wieder ein Stoss trifft, und werden, nachdem sie vorgepasst sind, in heissem Wasserdampf so erweicht, dass sie ohne Schwierigkeit sich den verschiedenen Krümmungen des Rumpfes anschmiegen. Die Dichtigkeit der Nähte wird durch nachträgliches Kalfatern, welches nach längeren Reisen und von Zeit zu Zeit zu wiederholen ist, vermehrt.

Bei allen grösseren Schiffen wird an der Innenseite der Spanten ebenfalls eine Bohlenbekleidung, die Wägerung angebracht, von welcher jedoch einzelne Gänge nur lose liegen, um den Inhölzern Luft geben zu können. Um das Leckwasser, welches sich am Kiele sammeln muss, von einzelnen Pumpen aus entfernen zu können, geht durch alle Spanten hindurch ein ähnlicher Ausschnitt an dem Kiel entlang, der sog. Pumpengang. Von allen horizontal liegenden Hölzern und Planken sind innen

die sog. Balkwäger, welche die Deckbalken tragen, zuweilen auch die Kimmwäger, sowie die Kielplanken und die äusseren sog. Berghölzer (nicht Barkhölzer) durch ihre grössere Stärke ausgezeichnet. An den letzteren sind vorzüglich die Wanten mit den sog. Rüsten (Eisenschienen) befestigt. Die äussere Beplankung pflegt in neuerer Zeit dabei äusserlich eben gehalten zu werden, während früher die Berghölzer vortraten. Die Decksbalken *g*, sowie die etwaigen Zwischendecksbalken *h* liegen in ziemlich gleichmässigen Entfernungen von 1 bis 1^m,3 und ruhen auf den Balkwägern, haben stets eine schwache Krümmung nach oben und werden im Oberdeck mit kalfaterten schmalen Planken bedeckt, wovon die an den Spanten liegenden stärkeren, im Querschnitt trapezförmigen die Leibhölzer heissen. Um die Verbindungen zwischen Deck und Seitenwänden zu verstärken bringt man statt der früheren hölzernen jetzt fast allgemein unter jedem Deckbalken eiserne Winkel oder Kniee an, die an der Innenseite der Wägerung an den Spanten etwa 1^m tief hinabreichen und durch Bolzen mit den Haupthölzern verbunden werden.

Ausser zu den Masten werden vorzüglich nur zu den Deckhölzern und der Schanzkleidung Nadelhölzer, zu allen übrigen fast nur Eichen- oder Teakholz und sonstige harte Hölzer verwandt, ausnahmsweise zum Kiel Buchenholz.

Die Eigenthümlichkeit des Verbandes eines ganzen Holzschiffes, welcher unter fast ausschliesslicher Anwendung stumpfer Stösse mit Laschen und der einfachsten Bolzen sich den vielfachen Biegungs- und Torsions-Angriffen der bewegten See nur in sehr unvollkommenem Maasse gewachsen zeigt und zum häufigen Leckwerden des Schiffes führt, hat seit etwa zwei Jahrzehnten, ausser der Anbringung schräger, in der Innenbekleidung entlang laufender Holz- oder Eisen-Bänder, und namentlich sehr starker Kielschweine bis zu 1^m,3 Höhe, zur Anwendung des sog. Diagonalsystems geführt. Dies besteht in der Hauptsache darin, dass nur einer der mittleren Spanten völlig senkrecht zum Kiele steht, während alle übrigen sich in entgegengesetzter Richtung nach der Mitte des Schiffes hin und zwar je weiter nach den Enden desselben um desto mehr neigen. Andere Versuche, nur mit der Innenbekleidung, den Deckbohlen eine ähnliche Diagonalverbindung herzustellen oder gar unter Weglassung der Spanten aus drei Bohlenlagen das Schiff zu construiren haben wenig Anwendung gefunden.

Endlich muss bei dem Holzschiffe speciell noch der sog. Beschlag erwähnt werden, dünne Platten von Kupfer, Zink und in neuerer Zeit besonders von sog. Muntz-Metall (einer Kupfer-Legirung), welche etwa 2^{cm} übereinander greifend mit Nägeln des gleichen oder wenigstens nicht die Oxydation befördernden Metalls um den ganzen unteren Schiffsrumpf bis zur Höhe der oberen Wasserlinie aufgenagelt werden. Dieser Beschlag soll sowohl das Eindringen des Bohrwurms in das Holz verhüten, als auch das Ansetzen von Seethieren und Pflanzen möglichst verhindern, welche die Schnelligkeit der Fahrt beeinträchtigen. Ein solcher Beschlag bedingt, dass wenigstens die Aussenplanken entweder nur mit Holznägeln oder mit Bolzen eines solchen Metalls angebracht werden, welches keinen galvanischen Strom hervorruft. Im Uebrigen sei betreffs der Holzschiffe auf Steinhaus[25]) verwiesen.

Ueber dem Deck befindet sich bei allen eigentlichen Seeschiffen die sog. Verschanzung bestehend aus den sog. Relingstützen *l*, dem Schanzdeck *m*, der Schanzkleidung *n* und der Reling *o*. Die Relingstützen stehen etwa bei jedem dritten Spant,

[25]) Die Schiffbaukunst u. s. w. von Steinhaus. Hamburg 1858.

ausserdem bei jedem Rüsteisen für die Wanten eine, und werden sie etwas an den Spanten hinabgeführt. Zwischen den Relingstützen stehen besonders vorn und hinten mehrere mit den Spanten oder dem Deck fest verbundene, kurze, abgerundete Hölzer oder gusseiserne Cylinder, die sog. Poller, welche zur Befestigung der Schiffe an Kais u. s. w. dienen.

In jedem Deck befinden sich ein oder mehrere Luken, von denen die obere *p* durch einen Deckel verschlossen werden kann. Ihre Entfernung und Grösse richtet sich nach der des Schiffes. Bei besonders zum Transport von langen Hölzern dienenden Schiffen sind noch am Buge dicht über der Wasserlinie eine oder zwei sog. Holzpforten angebracht, die während der Fahrt wasserdicht kalfatert sein müssen.

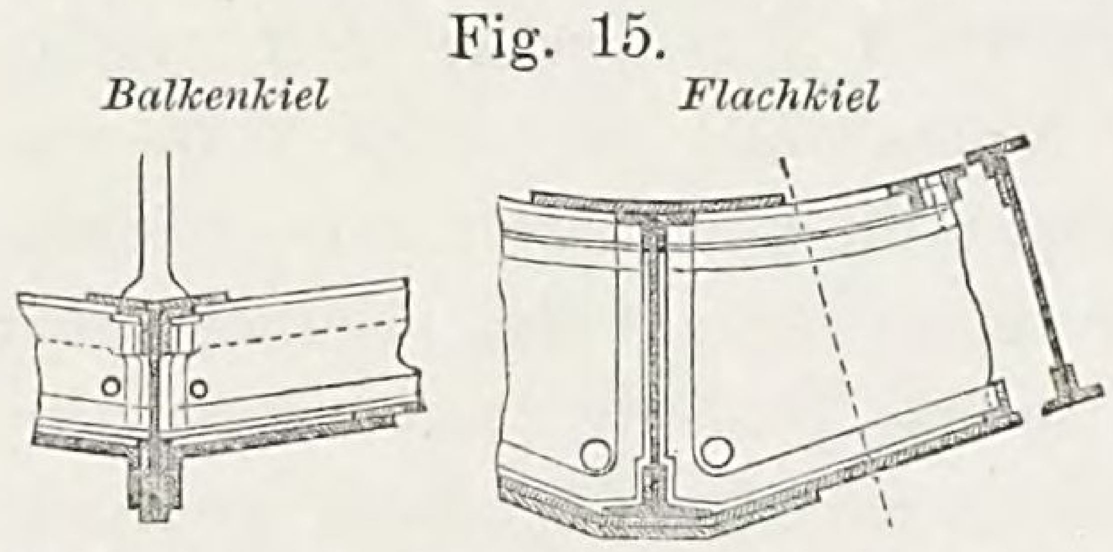
Auf dem Deck stehen mindestens zwei Winden. Vorn am Bug befindet sich die besonders zur Befestigung und Einholung des Ankers dienende Ankerwinde, das sog. Bratspill oder Spill, eine liegende meistens durch Handspaken gedrehte Welle. Bei grossen Schiffen wird dieselbe durch abwechselnd in zwei Sperräder eingreifende und durch das Auf- und Niederbewegen eines langen zweiarmigen Hebels gedrückte Sperrklinken gedreht, und heisst dann Pumpspill. Am Hintertheil des Schiffes ist das vorzüglich zur seitlichen Bewegung des Schiffes bei der Einfahrt in Schleusen u. s. w. dienende sog. Gangspill, eine stehende durch Handspeichen gedrehte Winde, angebracht. Auf grösseren Schiffen kommen endlich verschiedene Arten von Winden oder Krahnen zur Hebung der Lasten oder zu sonstigen besonderen Zwecken vor, siehe Fig. 9^a, Taf. XLVI.

Hierhin gehören auch die sog. Davit's, paarweise in der Schanzkleidung stehende, oft drehbare Krahne von einfachster Construction, an welchen die verschiedenen Boote, Schaluppen u. s. w. hängen, die dadurch sowohl aufs Deck als ins Wasser gelassen werden können.

§ 31. Das Eisenschiff. Der eiserne Schiffsrumpf, welcher bei Segelschiffen bis jetzt besonders nur für die sehr scharf gebauten Klipper, bei Dampfschiffen dagegen fast ausschliesslich Anwendung findet, bietet hinsichtlich der Construction sehr wesentliche Vortheile. Es ist nämlich sowohl das gewöhnliche Eisenblech, welches die ganze äussere Wand ausmacht, als auch alles für die inneren Theile verwandte Profileisen ungleich dichter und dauerhafter zu verbinden als das Holz der Holzschiffe. Die Bleche (siehe Fig. 11 und 12, Taf. XLVI) greifen entweder übereinander oder erhalten an ihren Stössen Laschenbleche und bekommen in beiden Fällen durch die Vernietung und Verstemmung absolut wasserdichte und sehr haltbare Fugen. Ebenso werden die Stösse bei den inneren Theilen sowohl seltener als bei dem Holzbau und daneben durch geeignete Laschen u. s. w. absolut unschädlich. Ausserdem kann mit Leichtigkeit im Innern des eisernen Schiffes nach jeder beliebigen Richtung eine etwa durch die Grösse oder die besondere Art der Belastung des Schiffes (z. B. für Dampfschiffe, Kriegsschiffe u. s. w.) gebotene Verstärkung angebracht werden, weil die einzelnen schmiedeeisernen Constructionstheile sich ohne Nachtheil, oft sogar mit Nutzen gegenseitig durchdringen, was bei der Holzconstruction stets mit grossen Schwierigkeiten und Mängeln verbunden ist. So wird für grössere Eisenschiffe, insbesondere Kriegsschiffe, oft ein sich kreuzendes System von Spanten angewandt, indem ausser den in etwa 1^m Entfernung liegenden, aus Winkeleisen gebogenen Querspanten noch eine grössere Anzahl, 3 bis 12, Längsspanten durch den ganzen Schiffsboden bis hinauf zu dem Vorder- und Hintersteven laufen (siehe Fig. 12). Es sind diese Längsspanten förmliche Längsträger, welche dem ungleich belasteten

oder bei starkem Seegange ungleichmässig unterstützten Schiffskörper eine fast absolute Sicherheit gegen Verbiegen geben. Letzteres findet fast bei allen älteren Holzschiffen in der Weise statt, dass sich die beiden Enden im Vergleich zur Mitte senken. Ein unten vortretender Kiel ist bei Dampfern mit starker Maschine zur Verhütung der Abtrift und bei eisernen Schiffen zur Verstärkung der Construction nicht entfernt so wichtig wie bei Segelschiffen (bezw. bei Holzschiffen), bei allen Schiffen aber ein Verlust an nutzbarem Tiefgang. Man wendet daher bei eisernen Dampfern nur noch selten einen sog. Balkenkiel an, weit häufiger den sog. Flachkiel, siehe nebenstehende Fig. 15, und ausserdem neuerdings noch andere Formen, wie z. B. nach Fig. 12, Taf. XLVI oder noch weiter nach der Kimmung gerückte sog. Kimmkiele. Diese letzteren können u. U. den Schleusenböden und Mauern sehr nachtheilig werden. Es erfordern die damit ausgestatteten Schiffe grosse Vorsicht bei dem Durchschleusen. Endlich werden bei allen grösseren Handelsschiffen und fast bei jedem Kriegsschiffe senkrechte eiserne Querwände, die sog. Querschotten (siehe Fig. 9) angebracht, welche zwar mit Thüren versehen sind, aber in kürzester Zeit wasserdicht verschlossen werden können, so dass das ganze Schiff alsdann aus mehreren wasserdicht von einander getrennten Abtheilungen besteht. Wo Längsspanten in grösserer Zahl vorhanden, wird dabei meistens noch eine innere Blechwand angeordnet, durch welche selbst ein Leck in der äusseren Wand fast unschädlich gemacht wird. Diese nach oben und nach den Seiten hierfür wasserdicht abzuschliessenden Doppelböden dienen ferner u. A. dazu, auf die billigste Weise etwa fehlenden Ballast einzunehmen, nämlich durch Einlassen von Wasser, wogegen hölzerne Schiffe oft gezwungen sind mit grossen Kosten festen Ballast einzunehmen, wenn ihnen die nöthige Fracht fehlt. Aus den erwähnten Figuren gehen die besprochenen Constructionen in ihren Haupttheilen hervor. Ausser diesen Vortheilen der inneren Construction besitzt das Eisenschiff noch den, dass jede beliebige äussere Form gegeben werden kann, aber vor allen Dingen, als grössten Vorzug vor dem Holzschiffe, die geringere Eigenlast und den grösseren Laderaum. Man rechnet bei gleicher Grösse für ein Eisenschiff ein Siebentel mehr Laderaum und ein Sechstel mehr Tragfähigkeit als bei einem Holzschiffe. Es ist dies besonders für Dampfschiffe wichtig, weil dieselben durch das Gewicht und den Raum der Maschine und des Kohlenvorraths schon vor dem Einnehmen der Nutzlast stark in Anspruch genommen sind.

Fig. 15.



Wenn auch die ersten Herstellungskosten des eisernen Schiffes fast überall grösser sind als die des hölzernen Schiffes, so kommen wegen der rascheren Abnutzung und grösseren Reparaturbedürftigkeit des letzteren die Gesammtbetriebskosten des eisernen im Ganzen niedriger, besonders freilich nur bei Anwendung grosser Schiffe.

Es haben indessen die eisernen Schiffe einige wesentliche Mängel und zwar zunächst den, dass die Compassnadel durch die bedeutenden Eisenmassen stark abgelenkt wird. Es zeigt sich diese örtliche Abweichung oder Deviation darin, dass Compasse an verschiedenen Stellen desselben Schiffes von einander abweichen, dass sich diese Abweichung mit dem Curse des Schiffes und ausserdem mit der magnetischen Breite des Schiffsortes ändert und zwar zunehmend vom Aequator nach den Polen. Ferner übt vermöge der Induction des Erdmagnetismus auf jedes und namentlich auf alles stark geschlagene und erschütterte Eisen, die Lage, in welcher

sich das Schiff während seines Baues auf dem Helling (Helgen) befand, einen so zu sagen individuellen Einfluss auf jedes Schiff aus, indem das Schiff selbst ein grosser Magnet wird, dessen Achse mit der Richtung der Inclinationsnadel am Bauorte übereinstimmt. Wird z. B. auf der nördlichen Halbkugel ein Schiff mit dem Vordertheil nach Norden gebaut, so wird je nördlicher der Ort, also je grösser die Inclination, desto mehr das Schiff nach seinem Ablauf mit den vorderen und unteren Theilen Nordpolarität, mit den hinteren und oberen Theilen Südpolarität zeigen. Dieser sog. Baumagnetismus verliert sich nur zum Theil mit der Zeit und um so weniger wenn das Schiff während des Baues nach Norden gelegen hat. Während der Reise tritt dagegen in Folge deren Hauptrichtung und der Erschütterungen die Induction des Erdmagnetismus von Neuem ein, und wird sogar durch die Neigung des Schiffes nach der einen oder anderen Seite bedingt, so dass äusserst complicirte Erscheinungen zu Tage treten. Zur möglichsten Verhütung von Irrthümern durch dieselben wird in der Regel jedes Schiff im Hafen auf seinen magnetischen Charakter untersucht, indem man es um eine sog. Deviationsboye herumschwingen lässt und die Ablenkung für jeden Compasstrich ermittelt und danach eine Deviationstabelle entwirft. Ausserdem bedient man sich einer mechanischen Correction mit Hülfe besonderer Magneten in der Nähe des Compasses z. B. durch Anbringung je eines Magneten vor und hinter der Compassnadel, dessen Stärke und Entfernung passend zu bestimmen ist. Beide Maassregeln bedürfen von Zeit zu Zeit einer Wiederholung oder Correctur, und können, wenngleich das Schiff einen immer beständigeren Charakter annimmt, trotz alledem die sorgfältigsten astronomischen Beobachtungen auf See zur Bestimmung der jeweiligen Missweisung und örtlichen Deviation nicht entbehrlich machen.

Der grösste Uebelstand der eisernen Schiffe aber ist das Bewachsen ihrer Aussenseite, besonders des Bodens, mit Seethieren und Pflanzen, welches sowohl die Fahrgeschwindigkeit wesentlich beeinträchtigt als auch das Eisenblech erheblich angreift. Es findet nicht wie bei dem Kupfer und Muntz-Metall bald nach dem Ansetzen dieser Organismen ein Abfallen derselben durch das fortwährende Abblättern dünner Oxydschichten statt, sondern es nimmt auf dem Eisen besonders in den Tropen das Bewachsen, der sog. „Bart“, ununterbrochen zu, so dass zuweilen innerhalb weniger Monate derselbe über 30^{cm} lang geworden ist. Alle Mittel dagegen haben sich bis jetzt nicht bewährt und ist desshalb ein öfteres Einbringen der Eisenschiffe in ein Trockendeck zum Abkratzen des Bartes und Anbringen eines neuen vor Rost schützenden Anstriches unvermeidlich.

Um die Hauptvortheile der Eisenschiffe und Holzschiffe zu vereinigen hat man in neuerer Zeit ein gemischtes System, das sog. Compositionsschiff, angewandt, nämlich die Innentheile aus Eisen, die Aussenhaut nebst Kiel und Steven aus Holz mit Beschlag hergestellt. Dies ist jedoch sehr theuer und vereinigt zum Theil die vorgedachten Mängel der beiden Hauptarten.

Mit fast so grossem Nutzen als am Rumpfe ist für das sog. Takelwerk des Schiffes das Eisen eingeführt. So werden bei grossen Schiffen jetzt Maste, Stengen, Raaen aus Eisenblech oder Stahlblech construirt und statt der dicken schwerfälligen und vergänglichen Taue Eisendrahtkabel genommen.

§ 32. Das Dampfschiff. In der Entwickelung der Seeschiffahrt spielt endlich die Erfindung der Dampfschiffe eine so hervorragende Rolle, dass das Historische derselben sowie eine Beschreibung der wichtigsten Theile hier in Kürze folgen mag.

Die Anwendung von Schaufelrädern, wie sie die meisten heutigen Flussdampfer haben, ist so alt, dass Vitruv sagt der Name des Erfinders sei nicht mehr bekannt. Die erste Benutzung der Dampfkraft zum Schiffsbetrieb hat 1707 Papin bei Münden gemacht, nachdem er bereits 1690 in den „acta eruditorum" die Jdee einer atmosphärischen Maschine zum Treiben eines Schiffes gegen den Wind angegeben hatte. Es ist bekannt, dass die Schiffer jener Stadt sein Dampfschiff, mit dem er glücklich eine Strecke auf der Fulda hinabgefahren war, zerschlagen haben.

Nicht besser ist es in andern Ländern den Erfindern der ersten Dampfschiffe gegangen, so Jouffroy in Frankreich, der 1759 zuerst einen Versuch auf dem Doubs mit einem Schiffe machte, welches flügelartige Räder besass, sodann 1780 ein grösseres Räderschiff in Lyon in Betrieb setzte, jedoch in Folge kleiner Mängel an demselben und grosser persönlicher Hindernisse keinen Erfolg hatte. In England versuchten zuerst Miller und Symington 1788 ein Räderdampfschiff auf dem Clyde-Forth Canale, welches wegen zu schwacher Schaufeln missglückte; mit etwas mehr Erfolg wurde daselbst von letzterem i. J. 1802 unter Anregung von Dundas ein Dampfschiff, bei dem das Schaufelrad hinten lag, construirt, doch wegen Abneigung des Canalvorstandes wieder ausser Betrieb gesetzt.

Auch in Nordamerika waren die ersten beiden Constructeure von Dampfschiffen Fitch und Rumsey nicht glücklicher. Beide brachten miteinander concurrirend in den Jahren 1787 und 1788 je ein Schiff auf dem Delaware bezw. dem Potomak in Gang, wovon das letztere mit einem Wasserstrahl getrieben wurde. Sie fanden jedoch nicht die nöthige Unterstützung und versuchten beide später in England ihr Glück, jedoch mit gleich geringem Erfolge. Endlich i. J. 1803 gelang es dem Amerikaner Fulton, der von seinen beiden vorbenannten Landsleuten manche werthvolle Anregung erhalten hatte, mit grosser Anstrengung und auf Grund sorgfältiger Berechnungen in Paris auf der Seine ein Schiff zu bauen, welches 33^{m} lang, $3^{m},8$ breit war, mit Schaufelrädern in der Mitte des Schiffes durch eine starke Dampfmaschine getrieben wurde und alle Proben glücklich bestand. Trotzdem fand erst das zweite von Fulton i. J. 1807 bei New-York gebaute Schiff, der Clermont, die richtige Anerkennung, nachdem es in 32 Stunden etwa 240^{Km} den Hudson hinaufgefahren war. Von da ab war die Dampfschiffahrt gesichert, so dass Fulton i. J. 1811 bereits 4 grosse Schiffe, wovon eins 526 Tonnen hielt, bauen konnte.

Nach ihm war namentlich Bell bei Glasgow i. J. 1812 der erste, dem es in Europa glückte, Vertrauen zu der neuen Erfindung durch Erbauung eines leistungsfähigen Schiffes zu gewinnen, so dass von jenem Zeitpunkte an rasch eine Reihe von Dampfschiffen in Schottland gebaut wurde. Bis 1823 waren bereits 160 Dampfschiffe gebaut, von denen 1816 eins über Rotterdam bis Cöln den Rhein hinauffuhr Im Jahre 1819 wagte zuerst ein amerikanischer Dampfer von Savannah nach Liverpool zu fahren, wobei derselbe 18 Tage unter Dampf und 8 Tage unter Segel war. Durch den i. J. 1846 in Bristol gebauten 1340 Tonnen haltenden und 400 Pferdekraft (nominell) starken Great Western und den mit ihm concurrirenden kleineren in Cork gebauten Dampfer Sirius, welche 660 bezw. 453 Tonnen Kohlenvorrath hatten, wurde die erste reine Dampffahrt über den Ocean bewirkt. Der Great Western war 3 Tage später ausgelaufen, doch trafen beide Schiffe nach einer 17 bezw. 14tägigen Fahrt fast zu gleicher Zeit im Hafen von New-York ein. Damit war die Superiorität des Dampfes über das Segel entschieden.

Von den in jetziger Zeit üblichen Constructionen möge zunächst eine Verbesserung des Schaufelrades erwähnt werden, welche ursprünglich 1813 von Buchanan herrührt, sodann 1829 von Galloway und Morgan vervollkommnet wurde, nämlich die Anordnung beweglicher Schaufeln. Diese Schaufeln drücken beim Ein- und Austritt nicht schädlich gegen das Wasser, sondern stellen sich während ihres ganzen Weges durch das Wasser fast vertical. Hierzu dient eine neben der Radwelle in gleicher Höhe liegende drehbare excentrische Scheibe, von welcher nach jeder Schaufel eine mit dieser durch einen Dreharm verbundene Schubstange geht. Eine dieser Schubstangen ist steif mit der Scheibe verbunden um diese zu drehen, alle anderen sind mit einem Gelenk an ihr befestigt.

Für die Seeschiffahrt war in weit höherem Grade noch die Anwendung der Schraube von Bedeutung, welche zwar schon von Ressel i. J. 1829 in Triest mit Erfolg probirt, jedoch von der Polizei zu weiterem Gebrauch verboten worden war. Ihre praktische Verwendung gelang i. J. 1836 dem englischen Landwirth Smith,

welcher mit einem kleinen nur etwa 10^m langen Boot erst auf der Themse und bald darauf die hohe See vor derselben befuhr. Gleichzeitig construirte Ericson eine Doppelschraube, wobei sich die eine rechts, die andere links dreht und die Achse der einen in der hohlen Achse der andern liegt. Erst in neuester Zeit ist man zur Anwendung zweier Schrauben neben einander, der sog. Zwillingsschrauben gekommen, wodurch die Lenkbarkeit der Schiffe bis jetzt auf das höchste Maass gebracht ist. Indem beide Schrauben unabhängig von einander und sogar in verschiedenem Sinne gedreht werden können, wird der Drehungskreis des Schiffes fast zu einem Punkt. Ein weiterer Vortheil dieser Schrauben ist, dass sie einen viel kleineren Durchmesser als die einfache Schraube erfordern.

Aber schon die einfache Schraube besitzt vor dem Schaufelrade für die Fahrt auf hoher See den ausschlaggebenden Vorzug, dass sie fast unabhängig vom Seegange ist, während bei heftigem Sturm die Schaufeln zu ungleich wirken und ausserdem zu leicht beschädigt werden. Für Kriegsschiffe vollends ist die Schraube mit Rücksicht auf die sichere Lage gegen Schüsse allein noch brauchbar, zumal sie gestattet, den ganzen Maschinen- und Kessel-Apparat unter der Wasserlinie anzubringen. Siehe Fig. 9 und 12, Taf. XLVI.

Die beiden jetzt gebräuchlichsten Schraubenformen zeigen Fig. 13 und 14, Taf. XLVI. Die erstere, auch die gewöhnliche Schraube genannt, ist vierflügelig, wobei jeder Flügel ein Stück eines besonderen Ganzen bildet. Die zweiflügelige sog. Griffith'sche Schraube, Fig. 13, hat den Vortheil, dass sie sich leicht aus dem Wasser heben lässt, was z. B. bei Schiffen, die nur mit einer Hülfsmaschine versehen sind und zeitweilig segeln sollen, nothwendig ist. Ferner sind dreiflügelige Schrauben in Gebrauch und endlich solche, bei denen die einzelnen Flügel an die Nabe angeschraubt werden, um nach dem etwaigen Bruch eines Flügels nicht die ganze Schraube zu verlieren. Gewöhnlich bestehen die Schrauben aus Gusseisen. Der grösseren Festigkeit wegen, besonders gegen die zerstörende Wirkung des Seewassers zumal bei gekupferten Schiffen sowie bei Kriegsschiffen und wenn die Flügel löslich sind, werden die Schrauben auch aus Bronze hergestellt.

Da das Wasser bei der Drehung der Schraube etwas zur Seite ausweicht, so macht die Schraube bei jeder Umdrehung einen kleineren Weg als ihre ganze Höhe. Die Differenz oder der todte Gang heisst das Gleiten (engl. *slip*) und wird im Allgemeinen um so grösser, je mehr der Nullspant des Schiffes die Projection der Schraube gegen die Bewegungsrichtung übertrifft, bezw. um so weniger, je angemessener die Kraft der Maschine der günstigsten Geschwindigkeit des Schiffskörpers ist. Leer mit voller Kraft gehende Bugsirschiffe z. B. haben sehr viel Slip. Das Verhältniss beider Flächen soll am besten etwa wie 1,75 zu 1 sein.

Man kann für gute Schaufelräder und Schrauben im offenen Wasser (nicht in kleinen Canälen und Flussbetten, wo weit mehr Kraft verloren geht,) und die ganze innere Maschineneinrichtung zusammen jetzt den Wirkungsgrad zu 50 bis 60% rechnen. Der Rest der von der Dampfmaschine erzeugten Arbeit geht mit der ungenutzten Bewegung des Wassers sowie in Reibungswiderständen in der Maschine verloren. Trotzdem der Wasserstrahl-Propeller in letzter Zeit bedeutende Fortschritte gemacht hat und noch mancher Verbesserung fähig scheint, ist er noch nicht bis auf jenen Wirkungsgrad gebracht worden. Indem die Ausgussöffnungen entweder fast nach verschiedenen Richtungen gestellt oder drehbar gemacht sind und das Ausströmen durch geeignete Absperrungsvorrichtungen regulirt wird, so lässt sich

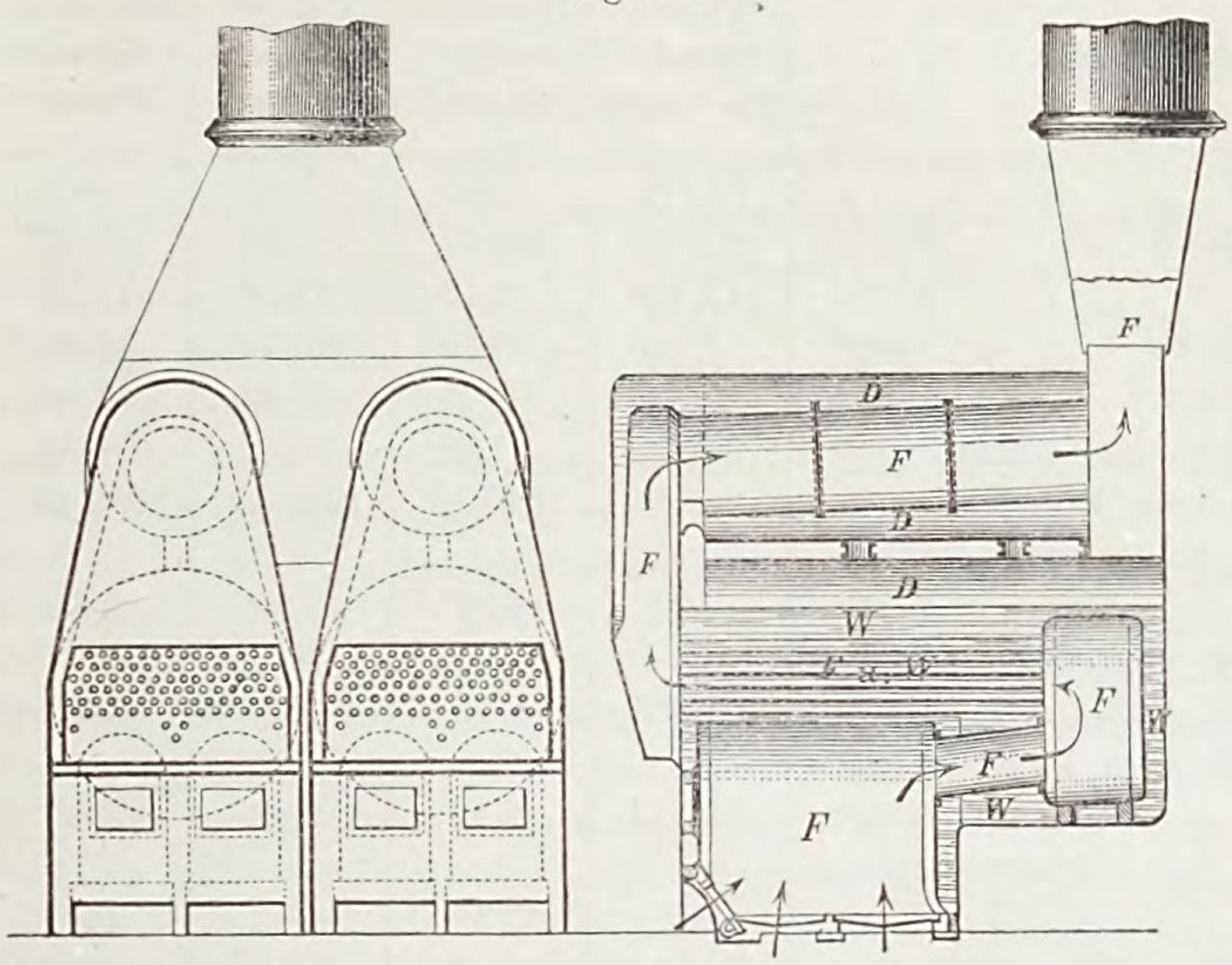
mit einer einzigen Kreiselpumpe ein Schiff beliebig vorwärts oder rückwärts treiben und ohne Steuerruder drehen.

Von der allergrössten Wichtigkeit für den Dampfschiffsbetrieb ist in neuerer Zeit die Vervollkommnung der Schiffsmaschinen und Kessel gewesen. Es ist im Laufe eines Jahrzehntes gelungen diese beiden Theile so zu verbessern, dass jetzt bei den besten Maschinen mehr als ein Drittel an Kohlen gegen früher bei gleicher Leistung gespart wird. Das Princip der Locomotiven ist dabei besonders maassgebend gewesen, und gilt wie bei diesen jetzt für Schiffe der Röhrenkessel mit hohem Dampfdruck, eine bedeutende Kolbengeschwindigkeit von etwa $2^m,5$ bis 3^m und die Stevenson'sche Coulisse als die Regel. Das gebräuchlichste Maschinensystem ist das Woolf'sche (Compoundsystem), wobei der Dampf aus dem Kessel zunächst in einen kleineren Cylinder tritt, dort schon eine gewisse Expansion erfährt, sodann in dem grösseren Cylinder noch weiter expandirt und endlich nach vollendetem Hub zum Condensator gelangt. Dabei wird der Dampf meistens in einem Ueberhitzungsapparat getrocknet und erhält 4 bis 6 Atmosphären Spannung mit Ausnahme bei grossen Kriegsschiffen, bei denen etwa 2 Atmosphären üblich sind. Die beiden Cylinder werden so gekuppelt, dass die Kurbeln der gemeinschaftlichen Triebachse um 90 Grad verstellt sind und eine leichte Ingangsetzung, sowie ein gleichmässiger Gang erfolgt. Ein doppelter Mantel, dessen Zwischenraum mit Dampf oder heissen Gasen gefüllt ist, schützt die Cylinder vor Abkühlung. Die Umsteuerung erfolgt stets mit der Coulisse, die Expansion des Hochdruck-Cylinders oft mittelst besonderer Excentriks. Bei der Condensation läuft nicht mehr wie früher der condensirte Dampf mit dem Wasser ab, und wird ferner nicht mehr der Kessel mit Seewasser gespeist. Hierdurch entstand sowohl eine nachtheilige Inkrustirung der Siederöhren und Kesselwände als auch die Nothwendigkeit, oft von der Oberfläche des Kesselwassers mit Verlust von heissem Wasser die Salzausscheidung abzublasen. Durch die jetzt fast allgemein angewandte Oberflächen-Condensation wird der Dampf nicht mehr direkt mit kaltem Wasser gemischt, sondern nur in äusserlich abgekühlten Röhren condensirt und als reines Wasser wieder dem Kessel zugeführt, sodass nur ein geringer Zuschuss von Seewasser zum Ersatz der Verluste nothwendig ist. Hierbei findet aber häufig ein Ueberführen von Fettheilen aus der Maschine her statt, welche der Dauerhaftigkeit der Kessel höchst nachtheilig ist durch die sich bildenden Fettsäuren. Die Reinigung des Condensationswassers in dieser Hinsicht ist noch nicht vollständig gelungen.

Während bei Raddampfern, bei denen die Kurbelwelle nahezu in Deckhöhe sich befindet, oscillirende, dabei dem Compoundsystem entsprechende Cylinder die Regel bilden, stehen bei Schraubendampfern der Handelsmarine oft die Cylinder auf dem Kopf (Overhead-Maschinen) mit ihrer verticalen Achse über der etwa in halber Tauchungshöhe liegenden Triebachse, siehe Fig. 9, Taf. XLVI. Kriegsschiffe haben durchweg liegende (horizontale) Cylinder; bei solchen Handelsschiffen, bei denen die Maschine ganz hinten liegt, sind die Cylinder zu beiden Seiten über der Achse gelagert.

Die Zahl der einzelnen Dampfkessel, wovon nachstehende Fig. 16 (S. 767) ein Beispiel giebt, beträgt bei grossen Schiffen oft 8 mit 40 Feuerungen. In dieser Figur ist der Weg der heissen Luft mit *FF*, das Wasser mit *WW*, der Dampfraum mit *DD* bezeichnet. Die gesammte Heizfläche steigt bei Kriegsschiffen bis auf etwa ein Viertel Hectar, wozu 4 bis 5000 Feuerrohre von etwa 6^{cm} Durchmesser und 2^m Länge

Fig. 16.



erforderlich. Die Heizung bleibt aber stets ungünstiger als bei der Locomotive, sodass sich der Kohlenverbrauch auf Schiffen im Durchschnitt um etwa $^1/_3$ ungünstiger stellt als bei jenen. Es ist desshalb die von Friedmann[26]) angeregte Idee der Gasheizung, sowie einer Zugverstärkung der Schornsteine gewiss eine sehr beachtenswerthe.

Maschine nebst Kessel und den fast stets zu beiden Seiten davon angebrachten Kohlenräumen (siehe Fig. 9, 10 und 12, Taf. XLVI) liegen zwischen der Mitte und dem Hintertheil des Schiffes, sowohl um die geringsten Schwankungen zu erhalten als auch damit diese schweren Theile bei wechselnder Beladung den geeignetsten Platz einnehmen, so dass auch im unbeladenen Zustande die Schraube noch sicher unter Wasser bleibt. Es wird immer dahin gestrebt, diesen Raum so klein als irgend möglich zu erhalten und wird es im Allgemeinen vortheilhafter gehalten, die Dampfer zu zwingen auf ihrer Fahrt Kohlenstationen anzulaufen als ihnen für die grössten Reisen genügenden Kohlenvorrath mitzugeben.

Die Anzahl der Pferdekräfte wird freilich noch oft nach sog. nominellen Pferdestärken angegeben, wobei unter allen Umständen (Hochdruck, Niederdruck, Expansion oder nicht) nur 7 Pfund engl. resultirender Dampfdruck auf 1 □Zoll engl. Kolbenfläche und eine feste ebenfalls geringe Kolbengeschwindigkeit gerechnet wird. Dass dabei die berechnete Zahl weit hinter der wirklichen zurückbleibt, ist klar. Weit geeigneter ist desshalb die neuerdings üblichere Angabe nach indicirten Pferdestärken, wobei mit dem Indikator der mittlere Dampfdruck im Cylinder in Form eines Diagramms angegeben und aus diesem, sowie der beobachteten Kolbengeschwindigkeit die Zahl der Pferdestärken berechnet wird. Diese Zahl ist freilich grösser als die Zahl der effectiv von der Maschine geleisteten Pferdestärken, welche mit dem Bremsdynamometer u. s. w. gemessen werden können, da sie die Gesammtleistung einschliesslich der Verluste durch Reibung ausdrückt. Das Verhältniss beider Zahlen ist in der Regel etwa 0,9, während das Verhältniss der nominellen zur indicirten Pferdestärke nur dann bestimmt werden kann, wenn ein gewisser mittlerer Dampfdruck angenommen wird. Meistens ist die Zahl der indicirten Pferdestärken 2 bis 3 mal, bei Compoundmaschinen 3 bis 4 mal, bei Hochdruckmaschinen sogar bis 8 mal grösser als die der nominellen.

Um über alle wichtigeren Verhältnisse von Dampfschiffen ein Bild und zugleich für etwaige Kaufsbedingungen ein Schema zu geben, möge nach Friedmann eine Tabelle einiger mustergültigen Dampfer folgen, wobei zugleich die Beispiele in der 1., 2. und 4. Columne den Figuren 9, 10, 11 und 12, Taf. XLVI entsprechen.

26) A. Friedmann, Officieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung. Wien 1873.

No.	Gegenstand der Maassangabe.	Waaren-Dampfer Fig. 9 u. 10.	Personen-Dampfer Fig. 11.	Waaren- u. Personen-Dampfer.	Oesterreich. Kriegsschiff Fig. 12.
1	Deplacement in Tonnen	3779	4353	5999	5850
2	Länge zwischen den Perpendikeln . . . Meter	90,625	106,67	121,61	83,81
3	Breite ausser den Spanten Meter	10,794	12,19	13,10	16,53
4	Höhe vom Kiel bis zum Oberdeck . . . Meter	7,746	10,15	10,74	11,88
5	Grösste Tauchung im Hauptspant . . . Meter	5,739	5,73	6,40	6,47
6	Fläche der eingetauchten grössten Quersection □m	53,882	57,58	70,60	91,32
7	Fläche innerhalb der Constructions-Wasserlinie □m	823,91	1016,30	1246,51	1089,14
8	Tiefe des Deplacement-Schwerpunktes unter der Constructions-Wasserlinie Meter	2,39	2,37	2,58	2,63
9	Höhe des Schiffs-Schwerpunktes über dem Deplacement-Schwerpunkte Meter	1,081	—	—	2,74
10	Höhe des Metacentrums über dem Deplacement-Schwerpunkte Meter	1,783	2,40	2,52	3,83
11	a) Bugwinkel vorne in der Constructions-Wasserlinie	24°	13°	—	44°
	b) Bugwinkel vorne in der mittleren Wasserlinie	$13^3/_{10}$°	—	—	23°
12	Winkel der Wasserlinie hinten in der Höhe der Propellerachse	14°	9°	—	40°
13	Eigengewicht des Schiffes in Tonnen	1850	—	3500*)	2738*)
14	Grösste Geschwindigkeit (Knotenzahl oder Seemeilen) in der Stunde	13	$13^1/_4$	15	13
15	Durchmesser des Drehungskreises . . . Meter	182,876	—	—	—
16	Anzahl der indicirten Pferdekräfte	2500	2500	3300	4200
17	Gewicht der Maschine sammt Kessel, gefüllt, Tonnen	280	—	—	700
18	Volumen des gesammten Schiffsraumes	—	—	—	—
19	a) Volumen der Kohlenräume kbm	214,06	818 tons	—	378
	b) Volumen des Maschinenraumes sammt Heizraum kbm	753,44	—	—	1279,83
20	Durchmesser des Hochdruckcylinders . Centimeter	104	157	152	241
21	Durchmesser des Niederdruckcylinders „	177	267	265	241
22	Kolbenhub Meter	1,06	1,36	1,36	1,21
23	Kolbengeschwindigkeit bei der Fahrt an der gemessenen Meile per Minute Meter	164,28	164,58	150,87	170,68
24	Cylinderfüllung bei der sub 16 angegebenen Leistung	—	—	—	—
25	Grösste Dampfspannung Kilogramm	—	—	—	—
26	Gesammtheizfläche der Kessel □m	411,3	1021,88	1021,88	1560,61
27	Gesammtrostfläche der Kessel □m	14,49	35,30	—	55,73
28	Durchmesser der Schraube Meter	4,572	5,33	5,94	6,32
29	Steigung der Schraube Meter	5,48—6,4	7,62	8,53	6,85
30	Tourenzahl, bei der unter 14 angegebenen Geschwindigkeit, per Minute	77	60	55	70
31	Fläche des Steuerruders □m	7,24	—	9,38	17,18
32	Anmerkungen			*) sammt Maschine und Kessel, gefüllt.	*) ohne Panzer.

§ 33. Vermessung, Grösse, Zahl und Verhältnisse der Schiffe, Bemannung. Die Vermessung der Seeschiffe ist zunächst eine polizeiliche Maassregel zum Schutze des Schiffbefrachters gegen den Eigenthümer (Rheder) und zur Vermeidung des gefährlichen Ueberladens; sie dient ausserdem zur bequemen und richtigen Erhebung der Schiffsabgaben bei der Benutzung von Häfen, zur reglementsmässigen Dimensionirung der Constructionstheile des Schiffes und zur Beurtheilung der rich-

tigen Wahl der letzteren Dimensionen bei der Versicherung u. s. w. Da es wegen der complicirten äusseren Form der Seeschiffe nicht so leicht wie bei den Flussschiffen ist, den durch die Eintauchung des Schiffes vom unbeladenen bis zum vollbeladenen Zustande verdrängten Wasserraum und damit die Gewichtsgrösse der nutzbaren Ladung zu erfahren, so gehen einige der jetzt noch geltenden Vermessungsmethoden darauf hinaus, zunächst die ganze Grösse des inneren Raumes, und durch Anwendung eines geeigneten Divisors hieraus die Tragfähigkeit (Nutzlast) des Schiffes zu ermitteln. Die neue deutsche Schiffsvermessungs-Ordnung von 1872, welche an die Stelle der in den einzelnen deutschen Staaten bis dahin gültig gewesenen Bestimmungen getreten ist und im Einklange mit der neuen englischen Methode steht, unterscheidet zunächst den Brutto-Raumgehalt von dem nach Abzug der nicht für die Ladung nutzbaren Räume entstehenden Netto-Raumgehalt. Im Wesentlichen wird danach die grösste innere Länge gemessen, und je nach der Grösse derselben eine Anzahl Querschnitte in gleichen Abständen, welche sich durch die Theilung der Länge ergeben. Dieselbe wird nämlich bis zu 15^m in 4, bis 37^m in 6, bis 55^m in 8, bis 60^m in 10 und bei grösserer Länge als 69^m in 12 gleiche Theile getheilt. Für die Art der Querschnitts-Messung bestehen wieder besondere Vorschriften, sowie für gewisse ausnahmsweise vorkommenden Anordnungen und Constructionen. Es werden dann von den mit 1 bis (einem ungraden) n nummerirten Querschnitten, deren erster und letzter vorn am Bug bezw. am Heck gedacht wird, die mit graden Zahlen bezeichneten mit 4, die anderen, ausgenommen dem ersten und letzten, mit 2, diese beiden je mit 1 multiplicirt und diese Summe mit dem dritten Theil des Abstandes der Querschnitte multiplicirt (Simpson'sche Regel). Das Product ergiebt den Inhalt des unter dem Deck befindlichen inneren Schiffsraumes. Hiervon werden zur Bestimmung des Netto-Raumes alle nicht für die Nutzlast bestimmten einzelnen Räume abgezogen. Für offene Fahrzeuge gelten besondere, sowie für beladene Schiffe interimistische Messungen. Alle Maasse geschehen nach Metermaass mit bestimmt vorgeschriebenen Abrundungen. Das Endresultat für die Bestimmung des Netto-Raumes in Kubikmeter wird durch Multiplication mit 0,353 in englische Registertonnen (siehe w. u.) umgerechnet. Beide Maasse werden in den sogen. Messbrief eingetragen, damit die lästige Nachmessung deutscher Schiffe in engl. Häfen und umgekehrt wegfalle. So wie der Tiefgang der Schiffe in der Regel an dem Vorder- und Hintersteven in Zahlen angegeben ist, so wird jetzt auf deutschen Schiffen auch der Kubikmetergehalt auf einem der Deckbalken eingeschnitten.

Im Uebrigen siehe über Schiffsvermessung Lahmeyer, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1859.

Um von der durchschnittlichen Zahl, Art und Grösse der Seeschiffe einen richtigen Begriff zu geben, ist eine vergleichende Zusammenstellung der Flotten von allen grösseren Seehandel treibenden Nationen erforderlich. Nachstehende Tabelle giebt den Bestand im Jahre 1877, wobei zu bemerken, dass fast in allen Ländern eine Abnahme der Handelsmarine in den letzten Jahren eingetreten ist.

Länder.	Zahl der Segelschiffe.	Totaler Tonnengehalt.	Durchschnittlicher Tonnengehalt.	Zahl der Dampfschiffe.	Totaler Tonnengehalt.	Durchschnittlicher Tonnengehalt.
England	17765	5526930	311	3133	3283910	1050
Nordamerika	6307	2146731	344	542	674036	1244
Norwegen	4135	1352949	327	122	54649	448
Italien	4402	1296985	295	110	95300	866
Deutschland	3140	875844	279	220	259785	1181
Frankreich	3300	666767	202	272	319179	1137
Spanien	2744	530533	193	224	176310	787
Griechenland	2024	419478	207	12	7621	635
Russland	1802	417973	232	145	105040	724
Schweden	1942	402248	207	210	87287	415
Niederlande	1258	366284	291	110	112879	1026
Oesterreich	652	253730	289	74	83545	1129
Dänemark	1203	182870	152	96	61671	942
Im Ganzen	50674	14439322	285	5270	5321212	1000

Es überwiegen also der Zahl nach die Segelschiffe (und annähernd damit die Holzschiffe) die Dampfschiffe (bezw. Eisenschiffe) fast um das Zehnfache, der Tonnenzahl nach fast um das Dreifache, während umgekehrt die Dampfschiffe im Durchschnitt einen 3 bis 4 mal so grossen Tonnengehalt zeigen.

Als Beispiel für die in den letzten Jahrzehnten erfolgte Zunahme der Grösse der Schiffe diene folgende auszügliche aus der bremischen Statistik entnommene Angabe über den Bestand der Bremer Handelsflotte.

Jahr.	Zahl der Schiffe	Zahl der Tonnen.	Durchschnittl. Tonnengehalt.	Bemerkungen.
1848	246	58 100	236	Die bis zum Jahre 1872 bei der Erhebung in Bruttolasten angegebenen Zahlen sind hier auf Reg. T. reducirt, unter der Annahme, dass im Durchschnitt 230 Reg. T. gleich 181 Bruttolast.
1858	279	100 123	360	
1868	288	150 377	520	
1878	261	230 802	895	

Unter Tonnen sind hier die englischen sogen. Registertonnen verstanden, welche einem Raume von 100 englischen Kubikfuss oder (da 1 kb^m = 35,3 englische Kubikfuss) einem Raume von $\frac{100}{35,3}$ = 2,83 kb^m entsprechen. Diese nur ein Raummaas bezeichnende Registerton, giebt ebenso wie die Kubikmeterzahl nur die Grösse des Laderaumes an und ist nicht zu verwechseln mit der Gewichtstonne.

Da indess der Laderaum in einem zwar nicht constanten aber doch annähernd gleichbleibenden Verhältnisse zur Tragfähigkeit steht, so wird in Deutschland für 1 Gewichtstonne (1000^k) ein Raum von 2,12 kb^m, also für 1 kb^m Raum nahezu 0,5 Gewichtstonne, in England für 1 Registertonne Raum ein Gewicht von 1,2 engl. Gewichtstonnen (= 2240 Pfund avoir du pois) gerechnet. Eine Registertonne entspricht ferner 1,335 deutschen Gewichtstonnen. Nebenbei sei bemerkt, dass in Deutschland früher nach Lasten von 4000, 5200 und 6000 Pfund (Schiffslast, Roggenlast und Commerzlast) gerechnet wurde.

Die Zahl der Bemannung hat durch die Vervollkommnung der Schiffe und der Hülfsapparate wesentlich abgenommen. Man rechnet jetzt bei Dampfern im Durchschnitt 1 Mann auf 20 Registertonnen, bei Segelschiffen dagegen auf 27 und bei den kleineren und mittleren derselben sogar auf 52 Registertonnen.

Die Verhältnisse zwischen den Hauptmassen der Schiffe sind je nach deren Gattung und dem besonderen Zweck derselben schwankend, wie aus nachstehender Tabelle (nach Steinhaus) sich ergiebt.

Gattung der Schiffe.	Verhältniss $\frac{B}{L}$ der Breite zur Länge	Verhältniss $\frac{T}{B}$ der Tiefe zur Breite	$\frac{D}{LBT}$
Dampfschiffe	0,15 bis 0,19	0,25 bis 0,37	0,33 bis 0,67
Fregatten	0,21 bis 0,25	0,42 bis 0,48	0,52 bis 0,60
Barken und Briggs . . .	0,23 bis 0,27	0,41 bis 0,46	0,42 bis 0,56
Schooner	0,25 bis 0,29	0,38 bis 0,44	0,40 bis 0,56

Es bedeuten hierin L die grösste Länge, B die grösste Breite in der Wasserlinie, T die Tiefe unter derselben am sog. Hauptspant (wobei zu bemerken, dass die hintere Tiefe meist um $^1/_{10}$ grösser ist als die vordere) und D das Deplacement in Kubikeinheiten. Das Verhältniss $\frac{D}{LBT}$ giebt den sog. Völligkeitsgrad der Schiffe. Es sei ferner bemerkt, dass bei Flussdampfern $\frac{B}{L}$ und ebenso $\frac{T}{B}$ bis zu 0,1 hinaufgehen, dass $\frac{D}{LTB}$ bei Bugsir-Raddampfern von 0,47 bis 0,67 und bei Bugsir-Schraubendampfern von 0,4 bis 0,5 geht.

Es lässt sich danach annähernd z. B. aus gegebenem Deplacement die Länge, Breite und Tiefe berechnen, wenn unter den letzteren Stücken ein bestimmtes Verhältniss angenommen wird. Es ist anderseits klar, dass nicht etwa durch eine Tabelle das durchschnittliche Verhältniss aller Schiffe hinsichtlich ihres Tonnengehalts (oder Deplacements) und ihres Tiefganges gegeben werden kann; es würde wenigstens eine solche Zusammenstellung keinen praktischen Werth besitzen. Es könnten dagegen wohl für die verschiedenen nach der Bauart des Rumpfes eingetheilten Classen solche Zusammenstellungen geschehen; doch würden diese vorzugsweise nur für Schiffsbauer von Interesse sein. Für den Hafenbau-Ingenieur wird dagegen die Frage immer die wichtigste bleiben: welcher Tonnengehalt bei einer gewissen Fahrtiefe des Wassers und demgemäss bei einem gewissen Tiefgange der Schiffe erreicht werden kann. Diese Frage wird dann für einen bestimmten Hafen dadurch zuweilen etwas näher eingeschränkt, dass für denselben vorzugsweise auf den Verkehr mit gewissen

anderen überseeischen Häfen sowie auf gewisse Haupt-Waaren gerechnet werden muss und dadurch sowie durch den etwa beschränkten Tiefgang im Allgemeinen nur Schiffe von einer gewissen Classe oder Bauart hauptsächlich in Betracht kommen.

§ 34. Einiges über Schiffahrtsbetrieb und Nautik. Es mögen hierunter noch zum Schluss einzelne Angaben Platz finden, welche dem Marinebaumeister für den Bau von Häfen insbesondere der Einfahrten, die Lage der Reede u. s. w., sodann bei der etwaigen Anlegung von Seecanälen, neuen Fahrwassern u. s. w. von Wichtigkeit sind.

Zunächst seien kurz die gewöhnlichen Manöver der Schiffe genannt und beschrieben, wobei auf das im § 28 über Segeln Gesagte Bezug genommen werden muss. Es unterscheidet der Seemann, wenn er nicht grade vor oder mit dem Winde fährt, die Luv- oder Windseite von der Lee- oder der dem Winde abgekehrten Seite. Auf dem Schiffe selbst unterscheidet er (von hinten nach vorn gesehen) die linke oder Backbordseite von der rechten oder Steuerbordseite. Leider existiren für die Bewegung des Ruders nicht allgemein die gleichen Bezeichnungen. Weil das Ruder bei kleineren Schiffen aus freier Hand mit dem sog. Helmholze oder der Ruderpinne gedreht wird, so versteht man meistens unter „das Ruder nach Backbord legen“ die Bewegung, wodurch das Helmholz nach links gedrückt, das wirkliche Ruder (d. h. die im Wasser befindliche wirksame Fläche) aber grade nach rechts oder nach der Steuerbordseite bewegt wird. Dieselbe Bezeichnung wird auch gebraucht, wenn das Ruder durch eine mechanische Vorrichtung, das sog. Steuerrad, bewegt wird. Bei der bereits im § 28 für das Segeln gezeichneten Figur 14 (S. 754) ist z. B. das Backbord in Lee; soll das Schiff leewärts gesteuert werden, so muss (wie gezeichnet) das Ruder, d. h. der Helm, an die Steuerbordseite gelegt werden, dann dreht es sich mit seinem Bug nach links oder nach Lee. Es ist klar, dass wo bei der Bezeichnung des Steuerns für das Ruder das wirkliche Ruder im Wasser verstanden ist, wie z. B. auf französischen Schiffen, das Commando für die Bewegung grade umgekehrt erfolgen muss.

Wenn das Schiff, wie gewöhnlich, den Wind von der Seite hat, oder bei dem Winde liegt, so heisst „abfallen“ das Schiff so steuern, dass der Wind die Segel voller trifft oder jenes „weniger hart am Winde liegt“. Dies geschieht in der Regel kurz vor der Wendung „durch den Wind“ damit es, ehe der Wind ganz von vorn kommt, noch vorher eine möglichst grosse Geschwindigkeit angenommen hat, um desto besser dem Steuer (Ruder in Lee) zu gehorchen. Dies ist die gewöhnliche Art des Wendens, die indessen verlassen wird, sobald sich auf der Luvseite nicht der nöthige Raum oder eine gefährliche Stelle befindet. Alsdann wendet man das Schiff nach Lee oder „vor dem Winde“. Diese Art des Wendens heisst das „Halsen“; sie bringt das Schiff eine bedeutende Strecke leewärts.

Unter „Beidrehen“ versteht man das Manöver, wobei durch eigenthümliche Stellung verschiedener Segel dem Schiffe die Fortbewegung nahezu genommen wird, z. B. bei einer Begegnung zweier Schiffe, wobei jedoch durch geringe Aenderung der Segelstellung oder des Ruders sofort wieder die erforderliche Bewegung gegeben werden kann. Dies Manöver findet auch Anwendung, wenn ein Schiff in einem gewundenen Fahrwasser mit dem Strome treibt, damit es jeden Augenblick wieder Herr seiner Bewegung werden kann. Ueberlässt es sich eine zeitlang der Strömung und treibt durch den Winddruck rückwärts (über Steuer), so nennt man dies „Backen“ im Gegensatz zum „Füllen“, wobei den Segeln wieder vollerer Wind gegeben wird. Bei besonders engen Fahrwassern mit starker Strömung genügt alles

dies oft nicht, sondern man muss dabei das Schiff noch mit schleppendem Anker treiben lassen um dasselbe noch mehr in der Gewalt zu heben. Der Anker treibt dabei durch geeignete Bedienung grade eben auf dem Grunde her. Der Ausdruck „vor dem Anker treiben“ hat bei Seeschiffen die Bedeutung, dass in Folge schlechten Ankergrundes und zu grosser Kraft des Windes der Anker nicht hält und das Schiff wider Willen und oft zu seinem Unglück ins Treiben vor dem Winde kommt. Soll das Schiff „vor Anker gehen“ d. h. zum Stilliegen gebracht werden, so muss die Ankerkette weiter nachgelassen werden um den Anker zum Eingreifen zu bringen, was nur geschieht wenn das Tau oder die Kette nahezu horizontal an ihm ziehen. Dabei treibt aber das Schiff immer erst noch eine gewisse Strecke bis ein genügend festes Eingreifen stattfindet. (Siehe Cap. XVII Reede).

Bei dem Vorankerliegen während heftigen Seeganges „reitet“ das Schiff, wobei der Wechsel in dem Stoss der Wellen und der Spannung der Ankerkette sehr ungünstige Bewegungen für das Schiff hervorbringt. Wenn dabei ausserdem durch Umsetzen der Strömung (Ebbe und Fluth) ein „Schwajen“ d. h. völliges Umdrehen des Schiffes um seinen Ankerpunkt eintreten würde und dieses etwa wegen mangelnden Platzes u. s. w. nicht zulässig sein sollte, so muss das Schiff vor zwei Anker gelegt werden, die vom Schiffe aus nach verschiedenen Richtungen liegen. Diese Richtungen dürfen nicht einen zu stumpfen Winkel bilden, wenn nicht eine übermässige Spannung für Tau oder Kette entstehen soll.

Bei dem Einlaufen eines Schiffes in die Hafenmündung (nicht Schleuse, wobei jede eigene Geschwindigkeit ausgeschlossen) ist eine gewisse Geschwindigkeit des Schiffes nöthig, um dem Steuer die nöthige Wirkung zu sichern. Dabei ist indess bei starker Querströmung oder ungünstigem Winde oft die seitliche Lenkung des Schiffes durch sog. Hülfstrosse nöthig, welche entweder vom Schiffe aus gebracht oder diesem zugeworfen und mittelst der hinten stehenden Winde auf diesen angeholt werden.

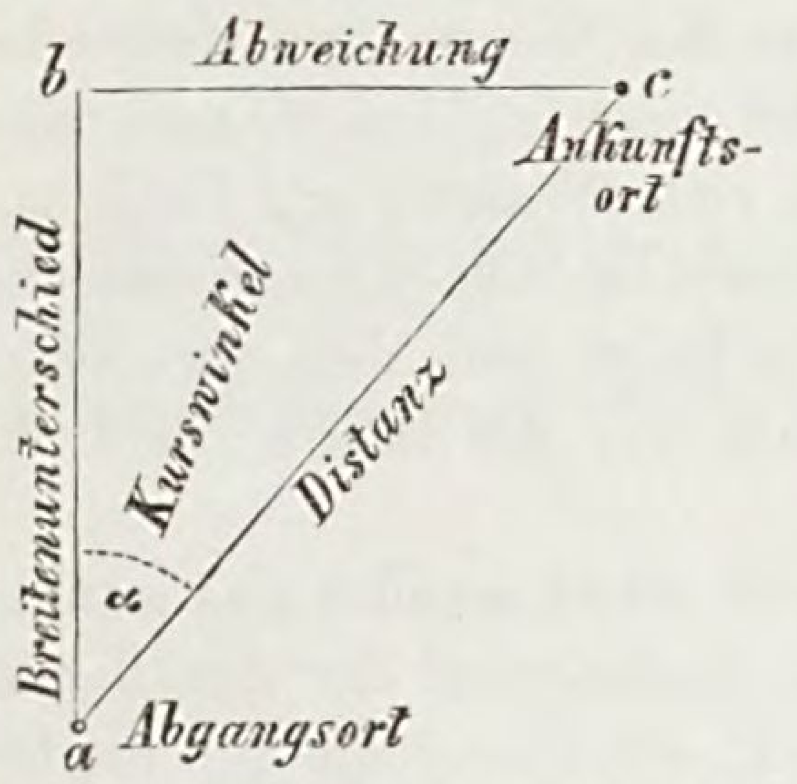
Endlich möge noch das nur bei Sturm vorkommende Manöver, das Lenzen, d. h. das vor dem Winde segeln, genannt werden. Es geschieht dies nur dann, wenn es nicht mehr möglich ist bei dem Winde zu liegen und die Stösse von Wind und Wellen auszuhalten, ist aber wegen der inneren Bewegungen des Schiffes und wegen Unsicherheit des Steuerns, besonders wenn das Schiff giert d. h. geneigt ist seine Richtung zu ändern, meist sehr gefährlich.

Von der Fahrt auf hoher See und den dabei erforderlichen nautischen Kenntnissen und Operationen seien hier die allgemeinsten erwähnt. Es muss zunächst bemerkt werden, dass das Wort „Peilen“ in der seemännischen Sprache nicht nur das Messen der Tiefe, sondern auch das Fahren nach einer bestimmten Richtung bedeutet. Um einen Ort zu bestimmen, dienen dem Seemann entweder Messungen und Beobachtungen auf der Meeresfläche mit Hülfe von Compass, Log u. s. w. (gegisstes Besteck und geographische Schiffahrt) oder Messungen von Gestirnsabständen, (wahres Besteck, astronomische Schiffahrt). Dabei wird in jedem Falle der Ort nach Länge und Breite bestimmt. Die durchfahrene Entfernung von einem Ort zum andern, die sog. Distanz, wird ausgedrückt durch die Zahlen der sog. abgefahrenen oder verlassenen Länge und Breite sowie der sog. bekommenen Länge und Breite. Die Entfernung der beiden Orte heisst in Nord- und Südrichtung der Breitenunterschied, in der West-Ostrichtung nur auf dem Aequator der Längenunterschied, auf allen anderen Breitengraden aber die Abweichung oder Abweitung, alles zunächst in Graden und Minuten ausgedrückt. Um die Abweichung in bestimmtem Maasse z. B. Seemeilen angeben zu können, muss sie wegen des Zusammenlaufens der Meridiane an den Polen auf den Längenunterschied, d. h. Aequator-Minuten oder Seemeilen dadurch reducirt werden, dass man statt n Grad Abweichung m Seemeilen Abweichung (gleich n Minuten Längenunterschied am Aequator mal *cosinus* der Breite) rechnet. Selbstverständlich lässt sich dann aus einer in Seemeilen gegebenen

oder bekannten Abweichung für eine bestimmte Breite der entsprechende Längenunterschied finden. Wenn aber ein Schiff einen schrägen Curs läuft, so würde zur Berechnung des Längenunterschiedes aus der Abweichung weder die abgefahrene noch die bekommene Breite angenommen werden dürfen. Man nimmt statt dessen die sog. Mittelbreite, d. h. die zwischen jenen beiden in der Mitte liegende, z. B. abgefahrene Breite 1° 20′ N, bekommene Breite 0° 50′ S. Mittelbreite 0° 15′ N.

Zur Bestimmung aller einzelnen geographischen Stücke einer Fahrt dient die Berechnung und Auftragung des sog. Curs-Dreiecks. Die Bezeichnung der einzelnen Theile desselben geht aus der nachstehenden Figur 17 hervor, wenn ausserdem auf § 20, Seite 736 Bezug genommen wird. Z. B es segele ein Schiff von 15° 30′ N Breite und 25° 0′ W Länge 125 Seemeilen N 4 O rechtweisend. Wo ist es hingekommen? Da der Curswinkel bei N 4 O = 45° ist, so wird der Breitenunterschied = 88,4 Seem., und ebenso die Abweichung = 88,4 Seem. sein.

Fig. 17.



Es ist dann abgefahrene Breite . . 15° 30′ N
Breitenunterschied . . 1° 28′ N

bekommene Breite . . 16° 58′ N .

In diesem Falle ist Mittelbreite = 16° 14′ N.

Aus der letzteren und bei 88,4 Seemeilen Abweichung findet sich der Längenunterschied = 92 Seem. = 92′ = 1° 32′, also ist

abgefahrene Länge . . 25° 0 W
Längenunterschied . . 1° 32′ O

bekommene Länge . . 23° 28′ W .

Wenn ein Schiff mehrfach seinen Curs ändert, z. B. bei dem Kreuzen oder Laviren, so müsste genau genommen für jeden Gang die bekommene Länge und Breite berechnet werden Es genügt jedoch für die Praxis, die Breitenunterschiede und Abweichungen auf einmal zu summiren und für diese Summe den Generalcurs und die mit ihm „gutgemachte" Distanz anzunehmen, d. h. die Curse zu koppeln oder einen Koppelcurs zu berechnen. Zur Bestimmung des Generalcurses bedient sich der Seemann sog. Koppeltafeln, d. h. einer tabellarischen Zusammenstellung zunächst aller auf den Curs Einfluss habenden Stücke als: Compasscurs, Wind, Abtrift, Missweisung, örtliche Ablenkung (Deviation), aus denen sodann der wahre Curs und die Distanz ermittelt und danach die bekommene Länge und Breite berechnet werden.

Neben der Ortsbestimmung, für welche obige Andeutungen genügen müssen, ist die Wahl des Curses die wichtigste Aufgabe der Nautik. Es geben hierzu die bereits im § 27 erwähnten Segelhandbücher u. s. w. die allgemeine Anleitung mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse des Meeres. Ausserdem ist aber besonders für grosse Distanzen nothwendig, dass der kürzeste Weg gesucht werde. Dazu dient das sog. Segeln im grössten Kreise oder im Hauptbogen. Es ist nämlich der Weg, den ein Schiff nach einem und demselben Compasstrich mit Ausnahme von S N und W O fährt, die sog. Loxodrome oder eine sich in endlosen Windungen schliesslich um den Pol herumziehende Linie doppelter Krümmung, während die kürzeste Verbindung zweier Punkte, die sog. Orthodrome auf dem Hauptbogen stets polwärts von der betreffenden, durch dieselben zwei Punkte gehenden Loxodrome liegt. Auf langen Reisen z. B. von Australien nach Südamerika, wird durch das orthodromische Fahren gegen das loxodromische ein Weg von 500 bis 600 Seemeilen gespart.

Ueber die durchschnittliche Geschwindigkeit der Seeschiffe lässt sich keine genaue Zahl angeben, da der Wind hierbei von zu grossem Einfluss ist. Man rechnet für Segelschiffe etwa 5 bis 10 Seemeilen in der Stunde, wobei aber für grosse Entfernungen ausserdem in Frage kommt, ob sie gradaus segeln oder kreuzen müssen. Die Reise von Bremerhafen bis New-York von circa 3000 Seemeilen wird unter guten Umständen in 20 Tagen, unter ungünstigen oft erst in 80 Tagen zurückgelegt. Für Postdampfer rechnet man im Durchschnitt 10 Seemeilen pro Stunde (unter günstigen Umständen machen sie jedoch 300 Seemeilen in 1 Tag) wie z. B. die Postdampfer des Norddeutschen Lloyd die Reise von Bremerhafen nach New-York in neuerer Zeit in 13 Tagen zurücklegen. Frachtdampfer laufen im Durchschnitt 8 bis 10 Knoten, oder ebensoviel Seemeilen in der Stunde, während man endlich von Kriegsdampfern jetzt meistens 13 bis 15 Knoten Geschwindigkeit verlangt.

Die Frachtkosten der Handelschiffe sind im höchsten Grade schwankend und wohl mehr als die Preise der Waaren selbst der Handelsconjunctur unterworfen. In flauen Zeiten müssen die Schiffe, um nicht gänzlich still zu liegen, wobei Zinsverlust, Unterhaltungs- und Mannschaftskosten u. s. w. völlig verloren sein würden, noch mit effectivem Schaden fahren, während in flotten Zeiten eine einzige Reise den ganzen Kaufpreis eines Schiffes einbringen kann.

In gewöhnlichen Zeiten hängt die Höhe der Fracht zunächst von der wahrscheinlichen Dauer der Reise, der zu zahlenden Assecuranz-Prämie und den Kosten ab, welche das Schiff in den betreffenden Häfen zu bestreiten hat. Die Assecuranz-Prämie richtet sich nach der Güte des Schiffes (Classification durch verschiedene Gesellschaften, z. B. Veritas in Paris, Lloyd in London, welche ihre sog. Experten halten) und der grösseren oder geringeren Gefährlichkeit der Reiseroute, worüber die Assecuranz-Gesellschaften ihre Tarife haben. Für Häfen, in denen oder in deren Nähe wahrscheinlich gute Rückfracht zu erhalten ist, werden billigere Frachtspesen bedungen, als für solche, in denen die Schiffe lange auf Rückfracht warten oder von denen sie nur mit Ballast wieder auslaufen müssen. Ausserdem ist aber noch die Art der Ladung für die Fracht von Einfluss. Ladungen, welche schwer zu verstauen sind, leicht in Bewegung gerathen, das Schiff verunreinigen oder durch leichte Entzündbarkeit in Gefahr bringen, bedingen entweder höhere Preise oder die Wahl untergeordneter und mangelhafterer Schiffe. Die Fracht wird je nach der Art der Waare verschieden bedungen, entweder nach 1 kb^m Maassgut oder nach 1 Tonne Schwergut. Bei sehr leichten Waaren wird auch wohl 1 Tonne z. B. nur zu 6 Centner gerechnet. Endlich werden viele Waaren pro Colli normirt, z. B. Petroleum-Barrel, Tabaksfässer u. s. w. Für ein Barrel Petroleum von im Durchschnitt 170^k Gewicht muss etwa 4 Mark bezahlt werden, um die Kosten einer Reise von den vereinigten Staaten bis nach Bremerhafen zu decken. Thatsächlich wird jedoch bald nur die Hälfte, bald das Doppelte bezahlt.

Aus den angegebenen Daten geht hervor, dass die Seefracht ungleich schwankender und mannigfaltiger als die Landfracht ist. Die genauere Kenntniss derselben ist aber fortwährend für den Reeder sowie den Kaufmann eine der wichtigsten Aufgaben, und bildet zum Theil die Grundlage für die Beurtheilung der commerciellen Bedeutung einer neuen Hafenanlage.

Literatur.

Hagen, Seeufer und Hafenbau. Berlin 1864.
Derselbe. Ueber Wellen auf Gewässern von gleichmässiger Tiefe. Berlin 1862.
Gerstner, Theorie der Wellen in Gilberts Annalen, Bd. 32.
E. H. und W. Weber, Wellenlehre auf Experimente gegründet. Leipzig 1823.
Emy, Bewegung der Wellen u. s. w. aus dem Franz. übers. von Wiesenfeld, Wien 1839.
Romberg, Das Meer in „Gesammte Naturwissenschaften“, 1. Bd. 3. Aufl. Essen 1877.
Whewell, on the tides etc. in „Philosophical Transactions“ von 1833—1850.
Airy, desgl. 1842—1844.
Lubbock, desgl. 1831—1838.
Beechy, desgl. 1843—1851.
Lentz, Fluth und Ebbe des Meeres. Hamburg 1873.
Reye, Wirbelstürme u. s. w. Hannover 1872.
Petermann, Geographische Mittheilungen. Gotha.
Hansa, Zeitschr. f. Seewesen. Hamburg.
Neumayer, Anleitung zu wissenschaftl. Beobachtungen auf Reisen (insbesondere Hydrographie). Berlin 1875.
Bremiker, Nautisches Jahrbuch zur Bestimmung der Länge, Breite und Zeit zur See. Berlin.
Nachrichten für Seefahrer, Mittheilungen des hydrographischen Bureaus der kaiserl. deutsch. Admiralität.
Annalen der Hydrographie, desgl.
F. W. Herschel and R. Main, The (Admiralty) Manual of scientific enquiry etc. London 1871.
M. Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, 2. Bd. Braunschweig 1875.
Bobrik. Handbuch der praktischen Seefahrtskunde. Leipzig 1848.
Lindsay, History of merchant shipping etc. London 1876.
Friedmann, Officieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung zu Wien 1873.
Steinhaus, Schiffsbaukunst u. s. w. Hamburg 1858.
Brix, Bau eiserner Schiffe. Berlin 1876.
Werner, Schule des Seewesens. Leipzig 1866.
A. Breusing, Steuermannskunst. Bremen 1877.

XV. Capitel.

Einwirkungen des Meeres auf Küsten und Strommündungen. Seeuferbau, Stromcorrection im Fluthgebiete und Seeschiffahrtscanäle.

Bearbeitet von

L. Franzius,

Oberbaudirector in Bremen.

(Hierzu Tafel XLVII, XLVIII und 9 Holzschnitte).

§ 1. Allgemeine Uebersicht. Mit Hülfe der allgemeinen Betrachtungen des vorhergehenden Capitels wird es möglich, die mannichfaltigen Einwirkungen des Meeres auf die natürlichen Verhältnisse der Küsten und Strommündungen, sowie nicht minder die hierdurch veranlasste Bauthätigkeit, die kurzweg „Seebau" genannt ist, zu verstehen.

Es lässt sich diese Bauthätigkeit vom Standpunkte des Zweckes am besten in eine vorzugsweise abwehrende und in eine jene Einwirkungen benutzende oder begünstigende unterscheiden. Bei fast jeder einzelnen baulichen Anlage treten freilich in Ansehung der Mittel Abwehr und Benutzung gleichzeitig oder zusammen auf, aber auch in dieser Beziehung je nach den Umständen in sehr verschiedenem Maasse.

So hat im Allgemeinen der Uferbau einen vorwiegend abwehrenden Zweck, nämlich den der Erhaltung des vorhandenen Ufers und die Verhinderung eines weiteren Eindringens der See in das Binnenland. Aber in einzelnen Fällen dient ein regelmässiges Ufer vorzugsweise dazu den Lauf der Strömung zu regeln, besonders die Entwickelung der Fluthwelle zu befördern und wird alsdann ein Mittel zum Zwecke der kräftigeren Einwirkung einer besonderen Eigenschaft des Meeres.

Bei dem Dünenbau und der Beförderung der Marschbildung halten sich sowohl die Zwecke als auch die Mittel der Abwehr und der Beförderung der Meeresthätigkeit nahezu das Gleichgewicht. Vorzüglich bei diesen beiden Operationen tritt eine Wechselwirkung in der Weise ein, dass je mehr die menschliche Leistung gesteigert wird, auch die Natur um so kräftiger ihre Hülfe leiht.

Wenn es sich dagegen um die Leitung einer Strömung in einem Meeresarme oder um die Entwickelung der Fluthwelle in einem Flussgebiete handelt, so ist der Zweck der baulichen Arbeiten zunächst der einer Beförderung der natürlichen Kräfte

und Eigenschaften des Meeres zum Nutzen der Schiffahrt, während die baulichen Mittel bei geschickter Verwendung und günstigen Umständen mit der Ausbildung der natürlichen Kräfte mehr und mehr verschwinden und vielleicht ganz überflüssig werden.

Zwischen fast allen diesen Seebauten besteht nun sowohl eine gewisse technische Verwandtschaft als auch in sehr vielen Fällen eine gegenseitige Abhängigkeit. Fast ganz isolirt davon stehen die Seecanäle. Dieselben würden demnach ein besonderes Capitel bilden können, wenn sie nicht in ihrer Anordnung so einfach wären, dass sie nur als Anhang eines verwandten Gegenstandes behandelt werden dürften. Hinsichtlich ihrer Mündungen sind sie nun den Hafenmündungen vorzüglich ähnlich, während sie ihrer Bedeutung nach mehr mit den Fluthgebieten der Flüsse oder mit schiffbaren Meeresarmen gemein haben und nicht selten mit diesen in Concurrenz treten. Sie haben demnach am Schlusse dieses Capitels ihre geeignetste Stelle gefunden.

§ 2. Wirkung der Wellen, Strömung und Fluth auf Ablagerung. Wenngleich es keinem Zweifel unterliegt, dass im Grossen die zerstörende Wirkung des Meeres auf die Ufer die neubildende und erhaltende Thätigkeit bei Weitem überwiegt, und dass ausserdem die Zerstörung an vielen Punkten vorangegangen sein muss um Material für die Ablagerung an einzelnen dazu günstigen Stellen zu beschaffen, so erscheint es doch für die folgenden Betrachtungen passender, die Bildung der Ufer oder überhaupt der Ablagerungen zunächst zu besprechen, weil sich daraus die grössere oder kleinere Gefahr der Zerstörung um so leichter ergiebt.

Dabei wird jedoch die jetzt thatsächlich vorhandene Gestaltung aller Küsten und der Küstenländer als ein Gegebenes angesehen. Hinsichtlich der theils zweifellosen, theils nur muthmaasslichen Bildung und Umgestaltung ganzer Küstengebiete muss hier auf die Geologie und die mit derselben verwandten Lehren, z. B. auch auf die im Cap. XIV erwähnte Hypothese der Umsetzung der Meereshöhen u. s. w. verwiesen werden.

Aus dem im vorigen Capitel über die Bewegung der Wellen Gesagten geht hervor, dass in grösserer Tiefe des Meeres ausser dem allmählichen Niederfallen todter Organismen, feiner Schlammtheile u. dergl. keine wesentlichen Veränderungen des Grundes vorkommen können, weil einmal die Bewegung der Wellen dort zu gering und überhaupt nicht derartig ist, um eine fortschiebende Bewegung der losen Bodentheile nach einer Richtung hin hervorzubringen. Ebenso sind, abgesehen von einzelnen besonders schmalen Betten und Rinnen, welche breitere Meerestheile mit einander verbinden, die Strömungen in der Tiefe nicht stark genug, dass sie eine Verschiebung des Bodens bewirken könnten. Wo dagegen die Wassertiefe geringer ist, werden die nicht fest zusammenhängenden Bodenarten je nach der Grösse und Schwere ihrer Theile und nach der Heftigkeit des Wellenschlages und der Strömung in Bewegung gesetzt.

Da die Meeresufer aus den allerverschiedensten Bodenarten bestehen und diese alle, selbst der härteste Felsen, der Zerstörung unterliegen, so ist keine Gesteins- oder Erdart von der Bewegung durch Wellen und Strömung ausgeschlossen. Es ist jedoch ohne Weiteres klar, dass die grösseren und schwereren Körper nur auf geringere Entfernungen fortbewegt werden, die feineren und leichteren dagegen, wie feiner Sand oder Schlick, fast unbegrenzte Wege machen. Durch die zeitweilig heftige Wellenbewegung werden ferner grössere Gesteine nach und nach zertrümmert und selbst durch die sanftere Bewegung der Wellen und der Strömung abgeschliffen.

Es erzeugen daher gröbere Stoffe mit der Zeit feinere und beweglichere. Die Folge dieser Vorgänge ist die allgemeine Erscheinung, dass vor Felsküsten vorzugsweise nur grobe Geschiebe sich befinden, dass die feineren Theile derselben, wo stärkere Strömungen herrschen, mit diesen fortgeführt werden und dass im Allgemeinen die vor den Küsten bewegten Stoffe der Natur dieser Küsten entsprechen. Man könnte nun hinsichtlich des verschiedenen Verhaltens auf Ablagerung eine grosse Anzahl Fälle unterscheiden, und zwar in Bezug sowohl auf die Küste selbst und die davor bewegten Stoffe, als auch auf die Lage gegen Wellenschlag und Strömung. Da jedoch in Wirklichkeit diese Fälle mehr oder weniger in einander übergehen, so mögen davon nur die äussersten zunächst in Kürze und sodann die allgemeinsten etwas eingehender betrachtet werden.

Wo vor Felsküsten sich Gesteinstrümmer an der Oberfläche des Wassers befinden, werden dieselben bald heftig gestossen, bald leicht gerollt. Sie nehmen dadurch fast stets eine abgerundete Form an und bilden meistens einen schmalen und etwa unter 1:5 geneigten Schuttwall. Aus demselben werden die feineren Theile entweder durch den Rücklauf der Wellen weiter seewärts geführt oder durch die etwa vorhandene Küstenströmung die Küsten entlang geschoben. Das Steingerölle nimmt dabei von der Stelle, wo es sich durch Abstürzen zuerst gebildet hat, auf seinem Wege die Küste entlang an Grösse fortwährend ab, so dass an Stelle grosser Steine schliesslich nur noch feiner Sand sich vorfindet.

Während im Allgemeinen vor Felsküsten keine wesentlichen und raschen Aenderungen vor sich gehen, treten nur ausnahmsweise in Folge starker Küstenströmungen wie z. B. im englischen Canal, hinter Ufervorsprüngen grössere Ablagerungen von Sand oder Kies auf, welche wiederum durch die Wellenbewegung raschen und vorübergehenden Aenderungen unterworfen sind (siehe w. u.). In geschützten Buchten kommen ferner vor Felsküsten alle diejenigen Ablagerungen vor, welche der Natur der dort sich bewegenden Sinkstoffe und dem ruhigen Verhalten des Wassers entsprechen.

Mit Felsküsten haben trotz der Verschiedenheit der Consistenz grosse Aehnlichkeit hohe thonige Ufer, namentlich dann, wenn sie wie z. B. auf langen Strecken des südlichen Ostseeufers eine grössere Menge Geschiebe enthalten. Die mit den durch Wellenschlag aufgelösten Thonmassen von Zeit zu Zeit herabstürzenden Steine bilden unter günstigen Umständen, z. B. westlich von Warnemünde, ebenfalls förmliche Schuttwälle von losen Steinen, zwischen denen die thonigen Theile sehr bald weggewaschen werden. Diese natürlichen Steinböschungen würden an manchen Stellen bedeutender sein und dem hinterliegenden Ufer kräftigeren Schutz gewähren, wenn nicht die Gewinnung der in der Regel im Binnenlande zu Wegebauten u. s. w. benutzten Steine einen lohnenden Erwerbszweig auf Kosten des Uferschutzes bildete.

Zwischen den harten Felsufern z. B. den westlichen Basaltküsten Schottlands und Irlands oder den Granitufern von Wales und Cornwallis, welche nur sehr geringe Trümmer verlieren und doch oft steil ins Meer abfallen, und den weichen Thonufern der Ostsee liegen nun der Härte des Materiales nach zahlreiche Zwischenstufen, wie die reinen Muschelkalke des Mittelmeeres oder die mit zahllosen Feuersteinknollen durchsetzten Kreidefelsen des nördlichen Frankreichs und des südlichen Englands; dennoch bieten alle diese Ufer selbst eine sehr grosse Aehnlichkeit hinsichtlich der Ablagerung der Sinkstoffe.

Wesentlich anders als diese steilen Küsten verhalten sich die flachen Ufer, bei denen ohne künstliche Befestigung die Grenze zwischen Meer und Land gewissermaassen hin und her schwankt, und auch diejenigen steilen Küsten, vor denen in Folge bedeutender Strömungen eine grosse Menge Sand zusammengetrieben ist. Hier treten, wenn vorläufig von den nur vereinzelt vorkommenden Marschküsten abgesehen wird, die grössten und raschesten Veränderungen auf und zwar sowohl vor dem eigentlichen Ufer als sog. Riffbildung, als hinter dem Ufer als Strand und Dünenbildung. Zum leichteren Verständniss aller hier und im Folgenden zu besprechenden Erscheinungen ist in Fig. 2, Taf. XLVII eine schematische Zusammenstellung derselben in einem sehr zusammengedrängten Profil vom Meere bis zum unveränderten Binnenlande gegeben, welche der durchschnittlichen Bildung der deutschen Nordseeküste entspricht. Es bildet bei diesen Küsten stets der leichtbewegliche Sand den wichtigsten Faktor und zwar selbst dann, wenn in der offenen See sowohl als auf dem Lande der reine Sand nur wenig vorkommt. Unter Sand ist in der Regel Quarzsand zu verstehen, doch bildet auch Feuerstein, harter Kalkfels u. s. w. ebenfalls einen Sand, welcher hinsichtlich der Ablagerung sich ähnlich wie jener verhält. Woher in jedem einzelnen Falle der Sand stammt, ist desshalb unmöglich zu entscheiden, weil er schon mit mässiger Strömung die weitesten Wanderungen macht. Er wird ferner bei geneigtem Grunde durch die anlaufenden Wellen schon aus etwa 10^{m} Tiefe landwärts geschoben und bildet desshalb fast vor allen flachen Küsten einen mehr oder weniger breiten Gürtel.

Da indessen jedem Anlaufen der Wellen ein gewisser Rücklauf und zwar namentlich nahe über dem Boden entspricht, so werden die fortbewegten Sinkstoffe an bestimmten Stellen, da wo sich beide Bewegungsrichtungen längere Zeit hindurch am häufigsten treffen, zum Stillstand gebracht. Es erfolgt also eine rückenartige Ablagerung, ein sog. Riff, dessen Neigung seewärts stets sehr sanft, nach dem Ufer hin dagegen meist sehr steil ist. Weil aber während eines Sturmes die Wellen schon in grösserer Entfernung vom Ufer die fortschiebende Wirkung äussern, so wiederholt sich diese Riffbildung in der Regel mehrfach hintereinander in veränderlichen Entfernungen und Höhen, je nach der Richtung und Stärke des Windes. Es herrscht hierbei jedoch eine solche Unbeständigkeit, dass es gewagt scheinen würde gewisse allgemeine Regeln darüber aufzustellen. Es hält schon schwer bei ähnlichen Küstenpunkten zu gleichen Zeiten, oder bei denselben Punkten zu verschiedenen Zeiten ähnliche oder gleiche Vorgänge zu constatiren. Es würde eines sehr grossen statistischen Materials bedürfen, um z. B. im Voraus mit einiger Sicherheit die Riffbildung zu bestimmen.

Wie nun viele Riffe nur bei gewissen Stürmen entstehen, so verschwinden sie bald wieder, sobald das Meer wenig oder in anderer Weise bewegt wird. Es kommt z. B. an der südamerikanischen Küste Chile's vor, dass Hafenmündungen, die für gewöhnlich 6 bis 7^{m} Tiefe haben, in kurzer Zeit um die Hälfte ihrer Tiefe durch Riffbildung versanden und ebenso rasch wieder nach dem Eintreten eines anderen Windes ihre alte Tiefe gewinnen. An den deutschen Nord- und Ostseeküsten ist ebenso eine vorübergehende Riffbildung von 1 bis 2^{m} Höhe nichts Seltenes.

Wo nun solche Riffbildungen sehr häufig vorkommen, z. B. hinter scharfen Ufervorsprüngen, ist selbstredend die Einfahrt eines Hafens nicht günstig gelegen. Kann man aber dieselbe dort nicht vermeiden, so ist durch sorgfältige Beobachtung nach jedem nur etwas verdächtigem Winde die Tiefe der Einfahrt genau zu unter-

suchen und der Schiffahrt durch geeignete Maassregeln (siehe Cap. XVII und XVIII) Nachricht von der Lage und Höhe der Riffe zu geben.

Diejenige Fläche, auf der sich Riffe bilden, stellt gewissermaassen die Grenze zwischen dem unbeweglichen Seeboden und dem Ufer dar. Es reicht nämlich die seewärts gerichtete Strömung (abgesehen von Strommündungen) keinenfalls in einer zur Bewegung von Sand genügenden Stärke weiter, als bis zu einer Tiefe, in welcher die Wellenbewegung nicht noch im Stande wäre Sand landwärts zu treiben. Es ist desshalb vor sandigen und unter Umständen mit Riffen umgebenen Ufern sehr oft der Seegrund reiner Fels oder Thonboden.

Das am weitesten landwärts geschobene Riff liegt dagegen zeitweilig auf dem eigentlichen Ufer oder, wie es bei allen flachen Küsten heisst auf dem Strande. Indem sich nämlich, selbst ohne Ebbe und Fluthwirkung, durch die Winde der Wasserstand des Meeres erheblich verändert und alle gröberen Sand- oder Kieskörnchen weniger seewärts als landwärts getrieben werden, so ist fast ausnahmslos vor jeder flachen und an der offenen See belegenen Küste das Ufer nicht etwa scharf oder plötzlich begrenzt, sondern stets durch eine sanft ansteigende Fläche, den Strand, gebildet. Je nach der Menge des vor der Küste befindlichen Kieses oder Sandes, die wiederum von der Natur der ganzen Küstengegend abhängt, ist der Strand breit oder schmal. Letzteres ist der Fall, wenn nur wenig und dann meist nur gröbere Sandmassen sich bewegen. Alsdann wird der Strand ausserdem steiler, doch wohl nie über 1:10 geneigt. Wenn dagegen der Meeresgrund und die Küste selbst aus sandigem Boden bestehen wird der Strand oft nahezu horizontal.

Die Neigung oder Form des Strandes ist nun aber keinesweges eine constante. Er wird im Allgemeinen flacher und selbst hohl nach starkem Sturm und Wellenschlage, welcher letztere die Uferlinie meist senkrecht trifft, indem die höher und stärker auflaufenden Wellen eine Menge für gewöhnlich festliegenden Sandes in Bewegung setzen, welche dann durch die Rückströmung wesentlich zur Bildung eines Riffes verwandt wird. Bei ruhigerem Wetter dagegen wird dieses Riff wieder aufgelöst und wird namentlich ein grosser Theil seines Sandes dem Strande durch die mässigen Wellen wieder zugeschoben. In dieser Weise kann oft in wenigen Wochen die Höhe eines Strandes um etwa 1^m abnehmen, wogegen die entsprechende Zunahme ohne künstliche Einwirkung allerdings langsamer erfolgt.

Eine eigenthümliche Form der Strandbildungen zeigen die sog. Nehrungen, d. h. halbinselförmige Landzungen, welche an einem Ende mit dem Festlande in Verbindung stehen und eine Bucht, ein sog. Haff, von dem offenen Meere trennen, wie z. B. vor dem Frischen und Kurischen Haffe an der Ostsee. Es spielt bei der Entstehung solcher Nehrungen aber der Küstenstrom eine wesentliche Rolle, zumal wenn derselbe eine fast constante Richtung hat, wie dies z. B. im südlichen Theile der Ostsee von West nach Ost der Fall ist. Durch eine solche Strömung und das Vorhandensein einer Bucht wird der Sand zunächst hinter dem stromaufwärts belegenen Ufervorsprung abgelagert, da der Strom nicht, wenigstens nicht mit voller Kraft, bis an das zurückliegende Ufer der Bucht tritt. Es erfolgt also eine Riffbildung vermöge jener constanten Strömung und des Wellenschlages bis sich das Riff als Strandzunge oder Nehrung auch über Wasser erhebt. Der schliesslichen Verlängerung bis an den gegenüberliegenden Ufervorsprung wird nur durch das Ein- und Austreten des höheren Wassers von der See in die Bucht ein Ziel gesetzt.

Wo der Strand eine grössere Breite erhält, wird ein Theil des von den Wellen regelmässig hinaufgeworfenen Sandes bei geeignetem Winde landwärts geweht, und kommt bei zufälligen oder künstlichen Unebenheiten (siehe § 7) zur Ruhe und Ablagerung. Wenn diese Ablagerungen des trockenen Sandes in einer solchen Höhe beginnen, dass nicht z. B. die gewöhnliche Fluth oder ein häufiger eintretender Wasserstand darüber hinweggeht, so kann die Ablagerung selbst eine Höhe und Stärke gewinnen, dass sie auch höheren Wasserständen widersteht. Es bildet sich alsdann hinter dem Strande eine Düne. Dieselben sind in der Regel etwa 10 bis 15^{m} hoch, wachsen jedoch wo mehrfache Ketten hintereinander liegen unter günstigen Umständen bis zu 30^{m} Höhe; sie können aber überall nur da entstehen, wo der Strand oder auch das hinter dem Strande liegende Land die genügende Höhe besitzen; ihre Bildung ist daher in Ebbe und Fluth haltenden Meeren z. B. der Nordsee nicht möglich auf denjenigen Sandbänken, welche nicht mindestens die Höhe der ordinären Fluth um ein gewisses Maass übersteigen. Sehr gefördert wird dagegen die Bildung der Dünen, wo hinter dem Strande das Ufer merklich ansteigt oder wo es, wie z. B. an der Ostsee an manchen Stellen, mit Waldungen bestanden ist, weil in beiden Fällen die den Sand forttreibende Kraft des Windes auf einer gewissen Fläche erheblich geschwächt wird und dort besonders der Sand liegen bleibt. Wenngleich der Seesand sehr rein erscheint, so besitzt doch gerade der frische Sand noch sehr geringe Beimischungen der im Meere aufgelösten Stoffe und dadurch die Fähigkeit eine allerdings dürftige, aber für die Erhaltung der Dünen sehr werthvolle Vegetation zu bilden. Das Nähere hierüber sowie über die Beförderung der Dünenbildung enthält der § 7. Es muss jedoch schon hier auf die gegenseitige Abhängigkeit von Dünen und Strand hingewiesen werden. So wie nämlich sich hohe und breite Dünen nur bilden und erhalten können, wo eine breite Strandfläche davor den nöthigen trockenen Sand nachhaltig liefert, so gewähren auch regelmässig in ihrer Grundlinie gestaltete und ihren Platz behauptende Dünen dem davorliegenden Strande den sichersten Schutz gegen starke Erniedrigung durch heftige Sturmfluthen und die Möglichkeit, sich nach einer solchen Fluth wieder allmählich zu erhöhen.

Die letzte Art der Ablagerung aus dem Meere bilden die Seemarschen. Sie entstehen aus einem Niederschlage des im § 23, Cap. XIV besprochenen Schlicks, also im wesentlichen feiner thoniger Theilchen, welche sowohl von leichter Strömung als auch von geringem Wellenschlage noch bewegt werden und daher nur bei fast ruhigem Wasser zu Boden sinken. Es können sich desshalb Seemarschen nur in geschützter Lage, in Buchten oder in den vom offenen Meere getrennten Flächen z. B. hinter Inseln u. s. w. bilden. Da ferner die Menge des Schlicks besonders gross ist, wo bedeutende Ströme ins Meer treten und dieses Ebbe und Fluth hält, so findet sich u. A. vor der südwestlichen holländischen und der ganzen deutschen Nordseeküste eine besonders kräftige Marschbildung. An Meeren ohne Ebbe und Fluth wird der mit den Flüssen herabgeschwemmte Thon u. s. w., wenn er sich nicht ausnahmsweise in weiten Mündungen ablagern kann, durch die im Flusse sowohl als vor der Meeresküste constante Strömung nach einer Richtung fortgeschwemmt, während in Strommündungen und Küstengewässern mit Ebbe und Fluth die feinen Sinkstoffe nur fast unaufhörlich hin und her bewegt werden, bis sie Gelegenheit gefunden haben sich zu lagern. Es gelangt also in den ersteren Meeren fast aller feine Thon bald in die grössere Meerestiefe, während er in letzteren vorzugsweise an den Küsten schwebend erhalten wird.

Die Ablagerung geschieht aber, wie schon bemerkt, mit Sicherheit und dauernd nur wo das Wasser in Buchten fast ganz strömungsfrei und nur selten auch von Wellen bewegt wird. Wo solche Buchten ursprünglich eine erheblichere Tiefe gehabt haben, ist ausser dem Niederschlage des Schlicks noch der Wachsthum von Seepflanzen aller Art, wie Tangen, Conferven u. s. w. lange Zeit hindurch wirksam gewesen bis endlich der Schlick eine dichte Oberfläche bilden und nach und nach die unteren Pflanzenmassen durch seine Schwere niederdrücken konnte. Man findet desshalb fast ausnahmslos da, wo der ältere feste Meeresboden solcher Buchten tief liegt, wie z. B. fast überall in Holland und Ostfriesland, die Marsch über einer zusammengedrückten Schicht von Seepflanzen, dem sog. Darg, gelagert und gewissermaassen auf demselben schwimmend (vergl. auch Cap. XI, § 19). Wo die Ablagerung dagegen ausnahmsweise nicht in tieferen Buchten stattgefunden hat, liegt der Marschboden auch unmittelbar auf dem Sanduntergrunde. In dieser letzteren Weise bildet sich noch jetzt auf den Wattflächen von der holländischen bis zur jütischen Küste die Marsch, freilich nur da wo entweder von Natur oder durch künstliche Anlagen die Ablagerung des Schlicks ermöglicht wird.

Für die Benutzungsart der Marschen, insbesondere hinsichtlich der Bedeichung, Abwässerung, Bebauung mit Häusern u. s. w., sowie auch für die Sicherheit gegen die zeitweiligen Angriffe des Meeres ist es von grosser Wichtigkeit, ob die Ablagerung über festem Boden oder über einem nur mit Seegewächsen oder Torfmoor ausgefüllten Sumpfe stattgefunden hat.

Hinsichtlich der äusseren Erscheinungen verhalten sich die Marschbildungen bis auf den Grad des rascheren oder langsameren Wachsens sehr ähnlich an allen Küsten. So lange die von der Höhe des Niedrigwassers beginnende Wattfläche die Höhe der halben Fluth noch nicht erreicht hat, bleibt sie mit vereinzelten Ausnahmen, wie z. B. an der geschützten Seite von Inseln, wo Strand- und Marschbildung in einander übergeht, in der Oberfläche weich, leicht beweglich und bis auf ganz einzelne Pflanzen völlig vegetationslos. Von da ab jedoch nimmt sowohl die Festigkeit als auch der Pflanzenwuchs rasch zu, weil die Fläche jetzt die längere Zeit der Einwirkung der Luft und Sonne ausgesetzt ist. Es lässt sich von der Höhe der halben Fluth an das Watt ohne grosse Schwierigkeit betreten und es entsteht jetzt zwischen Pflanzenwuchs und Aufschlickung eine günstige Wechselwirkung. Die ersten Pflanzen, welche schon unter halber Fluthhöhe wachsen, sind der Glasschmalz oder Queller *(salicornia herbacea)* und das Salzkraut *(salsola kali)*, ersteres ein sehr saftiges nur aus dicken Aesten bestehendes, letzteres ein mageres spitziges Kraut. Beide Arten wachsen nur sehr weitläufig und schmecken im höchsten Grade salzig. Erst wenn das Watt bis auf etwa $0^{m},6$ unter ordinärer Fluth gewachsen ist, erscheinen andere dichter stehende und höher organisirte Pflanzen, besonders die rothblühende Sternblume *(aster trifolium)*, bis endlich bei voller Fluthhöhe feine Grasarten *(Poa maritima* und *P. laxa)* auftreten.

Nur wo die Marsch auf festem Untergrunde entstanden ist, darf sie bei ordinärer Fluthhöhe als reif zur Eindeichung angesehen werden, obwohl selbst dann noch eine weitere Erhöhung für die Zukunft sehr erwünscht scheint. Wo weicher, dargartiger Untergrund vorherrscht, muss mindestens die Oberfläche $0^{m},3$ bis $0^{m},5$ über ordinärer Fluth hoch liegen. Es findet nämlich nach jeder Eindeichung eine erhebliche Austrocknung zunächst des oberen Bodens statt, welche indess allmählich, wenn auch zunächst nur nach besonders trockenen Zeiten sich auch auf den Unter-

grund erstreckt. Dies geschieht einestheils direkt durch Aufsaugung des in diesem enthaltenen Wassers, anderntheils indirekt dadurch, dass der obere Boden wie ein schwimmender Körper in den nassen Untergrund einzudringen sucht und dabei das Wasser desselben zum Theil nach oben, die festeren Theile desselben dagegen nach unten drückt. Je mehr dann das Wasser auf natürliche oder künstliche Weise mittelst Gräben entfernt wird, desto nachhaltiger bleibt die Austrocknung in der Tiefe, aber auch die Senkung in der Oberfläche. Nur auf diese Weise ist die oft sehr rasch erfolgende bedeutende Senkung mancher eingedeichten Marschen zu erklären, wofür oft unschuldigerweise entweder ein Sinken der ganzen Küstenländer oder ein Steigen des Meeres verantwortlich gemacht worden ist. Es sind aus der Senkung der Marschen in älteren und neueren Schriften die ungereimtesten Schlüsse gezogen und darauf die haltlosesten Behauptungen gestellt, welche sofort bei einer vergleichenden Betrachtung der aus einigen Jahrhunderten bekannten Höhenverhältnisse, z. B. von Entwässerungssielen und Schleusen, Entwässerungs- und Schiffahrtscanälen zu den Höhen des Hoch- und Niedrigwasserstandes draussen und den auf festem Sandgrunde ruhenden Gegenständen binnen, in sich zerfallen. Es liegen z. B. zahlreiche Schleusen- und Sielböden über 300 Jahre lang. Nach Berechnung verschiedener Schriftsteller z. B. Lulolfs[1]) soll die holländische Küste in jedem Jahrhundert fast $0^m,5$ sinken. Dann müssten jene Schleusen u. s. w. um ca. $1^m,5$ tiefer liegen als seit ihrer Erbauung, was indess augenfällig nicht zutrifft, da sie sowohl in Bezug auf Hoch- als auf Niedrigwasser sich noch jetzt in durchaus zweckmässiger Lage befinden. Man würde die meisten, von etwaigen fehlerhaften Anlagen abgesehen, für gleiche Zwecke heute grade so legen wie sie jetzt liegen.

Dagegen müssen in Folge der Senkung der Marschen, die stets um so tiefer je tiefer der weiche Untergrund, oft künstliche Entwässerungsanlagen eingeführt werden, wo früher natürliche ausreichten, und bedürfen leichte in der Oberfläche ruhende Baulichkeiten einer Erhöhung, um gegen die Höhe der Aussenwasserstände genügend hoch zu liegen, sowie endlich die Marken für die Ausschöpfung des Sommerwasserstandes im Binnenlande gegen die gleich gebliebenen Aussenwasserpegel von Zeit zu Zeit haben gesenkt werden müssen. Es lassen sich aus glaubwürdigen Nachrichten, sowie aus innerer Wahrscheinlichkeit zahlreiche Fälle in holländischen und ostfriesischen Marschen nachweisen, dass die Oberfläche derselben seit und in Folge ihrer Eindeichung im Laufe von etwa 2 Jahrhunderten um 1 bis 2^m sich gesenkt hat.[2])

§ 3. Zerstörung oder Abbruch. Zu dieser ist fast ausschliesslich der Wellenschlag die erste Veranlassung, während die Strömungen nur die feineren und losen Theile fortschwemmen. Wer von der Gewalt der Wellen nicht eigene Erfahrung hat, thut gut sich stets die im § 8 des XIV. Cap. angeführten Zahlenbeispiele von der Stosskraft der Wellen vor Augen zu halten. Alsdann wird es auch ohne Augenschein begreiflich, dass selbst feste Felsen nach und nach so erschüttert werden, dass bald hier bald dort ein durch natürliche Spaltung von der Hauptmasse schon etwas getrennter Theil sich loslöst und bald weiter zertrümmert wird. Jede so entstandene Lücke eröffnet aber sofort auf die hinterliegenden Massen, die vielleicht bis dahin geschützt waren, den Angriff. Ein besonders anschauliches Bild solcher schrittweisen Zerstörung bei grosser Gesteinshärte bildet die sehr bekannte, westlich von Schott-

[1]) Siehe Woltmann, Beiträge zur hydraulischen Architectur, Bd. IV.

[2]) Siehe u. A. Reinhold, Hydrographie von Ostfriesland in Crelle's Journal für die Baukunst, Band XIII.

land belegene Basalt-Insel Staffa mit der Fingalshöhle. Es ist diese Insel fast rings umgeben von einem Gürtel nahe in der Meeresoberfläche abgebrochener Säulenstümpfe, deren obere Enden oder die ca. 20^{m} hohen Säulen, in ganz regelmässiger Folge, eine nach der anderen zum Umsturz gelangt sind. Aber auch weniger von der Natur für die Zerstörung durch Wellenschlag vorgebildete Felsen enthalten einzelne Spalten oder Klüfte, die endlich nach langem Rütteln die Lostrennung eines Theiles veranlassen.

Nicht unwesentliche Hülfe bei dem Angriff leisten die losen Trümmer, sobald dieselben bei heftigem Sturm mit jeder neuen Welle wie Geschosse gegen ein und dieselbe schmale Fläche der stehenden Felswand geschleudert werden. Es wird dadurch der Felsen an seinem Fusse mürbe gestossen, alsdann werden die losen Theile herausgewaschen, so dass schliesslich die überhängenden Theile durch ihre eigene Last hinabstürzen. In dieser Weise sieht man namentlich an den Küsten des englischen Canals die weichen Kalkfelsen sowie an der Insel Helgoland den ebenfalls weichen Thonschiefer unterwaschen und mit Höhlungen durchzogen, die sich fortwährend bis zum gänzlichen Einsturz der oberen Felsmassen erweitern. Im § 24 des vorigen Capitels ist ferner erwähnt, dass auch gewisse Bohrmuscheln den Fuss der Felsen durchlöchern und dadurch die oberen Theile zum Abstürzen bringen.

Bei den thonigen Hochufern, die sich hinsichtlich der Ablagerungen am Fusse ähnlich wie Felsen verhalten, wird die Zerstörung noch durch andere Umstände begünstigt. Es sind dies namentlich das Vorkommen von Sandschichten und von Quellen, welche letztere meist die Folge ausgedehnter Sandschichten sind. Während die thonige Schicht um so länger je fetter sie ist dem Angriff der Wellen widersteht, und oft eben so lange wie harter aber klüftiger Fels, wird jede noch so dünne Sandschicht sehr bald ausgewaschen und verursacht zunächst eine Senkung und dadurch bald eine Loslösung grösserer Thonmassen, welche dann bei heftigem Sturm ganz zertrümmert und aufgelöst werden. Nach einmal erfolgter Loslösung erscheint die Thonmasse dem Wellenschlag gegenüber fast wehrlos. Die Loslösung erfolgt aber stets um so eher, wenn in den Sandschichten Quellen vorkommen oder auch nur in Spalten sich Regenwasser sammeln kann. Es bildet sich dann vielleicht gar auf geneigter Fläche eine das Abgleiten befördernde Schmiere. Unter allen Umständen ist es daher von besonderer Wichtigkeit hier wie bei den meisten Hochufern auf eine möglichst vollständige unschädliche Ableitung alles Quell- oder Regenwassers Bedacht zu nehmen. Weniger nachtheilig als Sandschichten sind einzelne grössere eingesprengte Steine oder Findlinge, während grosse Massen davon ähnlich wie Sandschichten wirken. Ihr Werth zum natürlichen Schutze der Thonufer ist bereits im vorigen Paragraph erwähnt.

Am widerstandslosesten sind Sandufer sowohl gegen Wellen als auch gegen Strömungen, und zwar gleichviel ob das Ufer einer jüngeren Bildung, wie Strand und Dünen, oder einem älteren Geestboden angehört. Selbst mässige thonige Beimischungen schützen in letzterem Falle nicht vor grossen Zerstörungen bei einer einzigen Hochfluth mit starkem Wellenschlage. So sieht man an der mecklenburgischen und pommerschen Ostseeküste oft nach einem Sturm mit zahlreichen Bäumen bewachsene, über 20^{m} breite Uferstriche losgerissen und bis zur Höhe des Strandes erniedrigt. Von viel grösserer Tragweite sind aber die Zerstörungen an den Nordseeinseln[3]). Dieselben bestehen bis auf die Insel Sylt, wo thonige und felsige Ufer-

[3]) Siehe hierüber die Mittheilung von Plener in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. II.

strecken vorkommen, durchweg in ihrer Hauptfläche aus dem alten mageren Sandboden von etwa 1^{m} Höhe über ordinärer Fluth, in welchem häufiger dünne Moor- und Dargschichten vorkommen und der nur seltener von einer dünnen Klaischicht überlagert ist. Nach der Seeseite hin ist diese ältere Schicht meist weggespült und durch den eigentlichen Sandstrand ersetzt, hinter welchem dann eine mehr oder minder starke Reihe von Dünen folgt. (Siehe Fig. 1 und 2, Taf. XLVII). Wenn diese Dünen nach der Seeseite nicht mehr jung, flach und begrünt, (siehe § 7), sondern mit steilen, kahlen Böschungen im Absterben begriffen sind, so leisten sie bei hohen, den Strand oft 2 bis 3^{m} hoch übersteigenden Sturmfluthen den Wellen keinen weiteren Widerstand, als dass diese genöthigt sind die ungeheuren von oben nachstürzenden Sandmassen rücklaufend zu verschlingen und durch die Rückströmung seewärts bis zu dem ersten Riff zu führen. So wird oft bei einer einzigen nur etwa einen Tag lang anhaltenden Sturmfluth eine hohe Dünenkette um mehr als 10^{m} Breite verschmälert, während niedrigere Dünen selbst von 50^{m} Breite in derselben Zeit gänzlich verschwinden. Von der Zerstörung der Dünen durch blosses Verwehen wird im § 7 näher die Rede sein.

Die Wirkung der Wellen ist begreiflicherweise um so heftiger, je niedriger und schmaler der Strand, welche Eigenschaft wie bereits erwähnt ausserdem Veranlassung giebt, dass die Dünen zunächst dem Strande zum Absterben gebracht werden. Die Schmalheit des Strandes entsteht aber ganz besonders durch ungünstige Küstenströmung. Diese ist z. B. bei allen ostfriesischen Inseln in der Nähe der Zwischenräume zwischen denselben, den sogen. Seegatten (Gatt = Oeffnung), oder gar der Flussmündungen besonders stark und zwar bei Fluth nach der einen, dagegen bei Ebbe nach der anderen Richtung. Derartige Strömungen sind stark genug um bei gewöhnlichen Zeiten die Sandablagerung zu verhindern oder, wenn diese etwa ausnahmsweise in Folge starker Stürme durch Riffbildung entstanden, bald wieder zu beseitigen. Dabei tritt aber der eigenthümliche Nebenumstand ein, dass durch den bei Weitem vorherrschenden Nordwestwind (siehe § 18, Cap. XIV) aller von dem Strande oder von den Dünen fortwehende Sand, welcher zuweilen nach einigen Tagen grosse Flächen um etwa $0^{m},3$ bedeckt, vorzugsweise nach der Ostseite der Inseln getrieben wird und das Seegatt an dieser Seite merklich zu verengen sucht. Auf die Dauer lässt aber die täglich ein- und ausgehende Ebbe- und Fluthströmung bei gleich bleibenden Wattflächen keine Verengung der Seegatten zu. Die Folge ist also, dass die Westseiten der Inseln von der Strömung um so mehr angegriffen werden und dass hier der Strand fast stets sehr schmal und am steilsten ist. Für die nordwestlichen Dünen vereinen sich also stets die ungünstigsten Umstände: schmaler Strand, daher wenig Sandanflug und leichtester Angriff der Wellen, sodann häufiger und heftigster Wellenschlag mit hohem Wasserstande (vergl. § 19, Cap. XIV). Daher sind fast ausnahmslos Strand und Dünen an der Nordwestseite im Abbruch, allerdings an der Ostseite im Anwachsen. Letzteres geht jedoch namentlich ohne künstliche Nachhülfe längst nicht so rasch vor sich als die Zerstörung und so erklärt sich denn die überaus traurige und beängstigende Thatsache, dass sämmtliche deutsche Nordseeinseln bis jetzt wenigstens immer kleiner geworden sind.

Es ist nicht nur geschichtlich nachweisbar, dass noch zur Zeit des Drusus und Germanicus mehrere jetzt getrennte Inseln z. B. Borkum und Juist und die bis auf eine kahle Sandbank weggewaschene Insel Bant vereinigt gewesen und eine ungleich grössere Fläche fruchtbaren Bodens besessen haben, sondern es kann auch als Thatsache gelten, dass in noch früherer, freilich vorge-

schichtlicher Zeit die ganze holländische und deutsche Inselkette von der Schelde-Mündung bis nach Jütland nichts Anderes als die Grenze des Festlandes gewesen ist. Es ist sogar wahrscheinlich, dass selbst Helgoland noch zu diesem Festlande gehört habe. Wie rasch solche Inseln zerstört werden können, davon bietet die Insel Wangeroog ein erschreckendes Beispiel. Dort, wo nach Fig. 7, Taf. XLVII auf dem zu Ende des vorigen Jahrhunderts etwa 2^{Km} längeren Westende der Insel noch im Jahre 1854 ein Dorf mit über 50 Häusern, einer Kirche und einem Leuchtthurme im Schutze einer allerdings nur einfachen und bereits angegriffenen Dünenreihe stand, war schon im Jahr 1860 der in der Mitte des Dorfes belegene Kirchthurm der einzige Ueberrest der Gebäude und wurde von der täglichen Fluth bespült (siehe Fig. 8). Die Dünen sammt dem grössten Theile der Häuser waren in den Sturmfluthen des December 1854 ein Raub der Wellen geworden und der alte, zum Theil aus Klaischichten bestehende Boden war in kurzer Zeit danach bis auf die Höhe der gewöhnlichen Fluth fortgeschwemmt und dem nackten Strande gleichgemacht. Im Ganzen ist die Länge der mit Dünen besetzten Insel seit dem Jahre 1780 von etwa 6^{Km} bis heute auf etwa 3^{Km} reducirt. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird auch dieser Rest in wenigen Jahrzehnten vernichtet sein, wenn nicht durch energische und geschickte Maassregeln dem Meere Halt geboten wird. Näheres über diese Insel siehe in Bd. XIII d. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover von Lasius, Wangeroog und seine Seezeichen, aus welcher Mittheilung die Figuren 7 und 8 entnommen sind.

Die meisten der übrigen Nordseeinseln haben, wenn auch nicht so plötzliche, doch ähnliche Verkleinerungen erlitten

Es muss also die Frage, ob den Nordseeinseln in nicht ferner Zeit eine völlige Zerstörung droht, wenn sie nicht künstlich abgewendet wird, sicher bejaht werden, und bleiben nur die beiden anderen Fragen, wesshalb und mit welchen Mitteln dieselbe zu vermeiden sei, für die praktische Untersuchung übrig. Ueber die letztere geben die folgenden Paragraphen Aufschluss. Die erstere ist kurz dahin zu beantworten, dass diese Inseln nicht allein den nur durch schmale Wattflächen von ihnen getrennten, volkreichen und äusserst werthvollen Marschlanden den wirksamsten und kaum zu ersetzenden Schutz verleihen, sondern dass sie in fast ebenso hohem Grade wichtig und werthvoll für die Sicherheit der ganzen deutschen Nordseeschiffahrt sind.

Wenn nämlich an Stelle der jetzigen Inseln nur Sandbänke von der gewöhnlichen, etwa 1^m unter ordinärer Fluth betragenden Höhe vorhanden wären, so würde sich bei nordwestlichen Stürmen die Wellenbewegung nahezu ungeschwächt bis an die Ufer des Festlandes erstrecken, während jetzt bei denselben Winden auf den Watten nur ein gemässigter Wellenschlag stattfindet. Die Sturmfluth-Höhe, welche schon jetzt am Festlande bedeutender als an den Inseln ist, würde dabei noch mehr zunehmen (vergl. § 19, Cap. XIV), denn es kann wegen der verhältnissmässig engen Seegatten, durch welche das Wasser der Hochfluthen zu strömen hat, und wegen der Abstillung der Wellen durch den Schutz der Inseln das Wasser von der offenen See bis zur Festlandsküste nicht bis zur grössten, dem blossen Winddrucke entsprechenden Höhe ansteigen. Es würden daher die schon jetzt schwer zu erhaltenden Seedeiche der Marschen einen stärkeren Wellenschlag bei grösserer Wasserhöhe und dadurch einen ungleich stärkeren Angriff erfahren, der für alle Deiche in ihrer bisherigen Beschaffenheit unbedingt zerstörend wirken müsste. Ausserdem aber wäre die Möglichkeit einer Auflandung der Watten insbesondere vor den jetzigen Marschufern, welche abgesehen von ihrem direkten Ertrage auch der Deichsicherheit zu Gute kommt, wahrscheinlich völlig aufgehoben.

Für die Schiffahrt endlich würde mit dem Aufhören der Inseln die wichtigste Basis der Seezeichen verloren gehen. Es ist kaum denkbar, dass die grosse Anzahl von Leuchtthürmen und Baken, welche die Nordseeinseln jetzt schon besitzen und noch zu erhalten bestimmt sind, auch nur annähernd in demselben Umfange bestehen bleiben könnte. Grössere feste Seezeichen dieser Art würden erst in etwa 10 bis 15^{Km}

Entfernung von den jetzigen auf dem Festlande wieder errichtet werden müssen, jedoch bei Weitem nicht den gleichen Nutzen als diese leisten. Die deutsche Nordseeküste, welche schon jetzt zu den gefährlichsten Küsten aller Länder gerechnet wird, würde für die Schiffahrt geradezu unnahbar werden.

Es bleibt nunmehr noch übrig die bekannteren Zerstörungen der Marschufer und der ganzen Marschen selbst zu besprechen.[4]) Es steht geschichtlich fest, dass die grossen Meerbusen der Nordsee, der Zuider See, der Dollart und die Jade, sowie die zwischen den schleswigschen Inseln liegenden Wattflächen erst im Laufe der letzten 7 Jahrhunderte durch Zerstörung reich bebauter Marschen in Folge heftiger Sturmfluthen entstanden sind. Dabei muss allgemein vorausgesetzt werden, dass diese Marschen bedeicht waren, weil ihre Höhe im Durchschnitt kaum die Höhe der ordinären Fluth übertroffen oder erreicht haben kann. Ferner darf die Zerstörung der ganzen Landflächen nicht als nur durch eine einzige Sturmfluth veranlasst gedacht werden, sondern es wird stets zunächst der Deich auf grossen Strecken fortgerissen, das Land zum Theil seiner Bewohner beraubt und auf längere Zeit dem Eindringen neuer Sturmfluthen überlassen geblieben und dadurch nach und nach so von den Wellen aufgewühlt worden sein, dass die Ebbeströmung die losgespülten Bodentheile als Schlick wieder hinausschwemmen konnte. Aus diesen Gründen stimmen auch die von verschiedenen Schriftstellern aufgeführten Jahreszahlen der Bildung dieser grossen Meerbusen nicht überein. Die bedeutendsten Zerstörungen im Zuider See werden dem Jahre 1170, die des Jade-Busens dem Jahre 1218 und die des Dollarts dem Jahre 1277 zugeschrieben, während die schleswigsche Küste namentlich in den Jahren 1300, 1354 und 1362 verheert sein soll. Die älteren Nachrichten berichten dabei jedesmal den Untergang zahlreicher Ortschaften und vieler Tausenden von Menschen.

Wenn in der neueren Zeit nicht solche erhebliche Zerstörungen stattgefunden haben, so muss dies vorzugsweise der planmässigeren Herstellung und Vertheidigung und der energischen Neubildung der Deiche zugeschrieben werden (vergl. Cap. XI, Deichbau). Dennoch zeigt das Beispiel der Sturmfluth von 1825, bei welcher an der deutschen und holländischen Nordseeküste 789 Menschen und 45 000 Stück Vieh umgekommen sind, dass auch noch zu einer Zeit, wo das Deichwesen schon sehr entwickelt war, die Gefahr der Sturmfluthen für unsere Marschküsten noch eine ganz ungeheure ist. Es erhellt daraus zugleich für diese Marschen die Wichtigkeit des Deichbaus und, da die Deiche nur hinter einem gesicherten Ufer liegen können, auch des Uferbaus.

§ 4. Seeuferbauten im Allgemeinen. Wohl bei keinem übrigens so beschränkten Zweige des Wasserbaues herrscht eine solche Mannigfaltigkeit als bei den Seeuferbauten. Als ein nicht zu unterschätzender Grund hiervon darf gelten, dass hier besonders stark das empirische Verfahren und die Macht des alten Herkommens ihre Einwirkung üben. Denn in sehr vielen Fällen liegt die Anordnung der nothwendigen Sicherheitsmaassregeln nicht in der Hand geschulter Ingenieure, sondern von Laien, entweder Gemeindebeamten oder gar der Privatgrundbesitzer. Zwar ist auch hier im einzelnen Falle die Erfahrung oft werthvoller als eine unerprobte Spe-

[4]) Siehe hierüber: Die Sturmfluthen an der Nordsee von Eilker, Emden 1877; ferner Arends, die physische Geschichte der Nordseeküste und deren Veränderungen durch Sturmfluthen, II. Bd. 1825; ferner Outhoff, 1720 u. s. w.

culation, doch kann nur durch einen systematischen Ueberblick über die gesammten Erfahrungen ein klares Urtheil über die allgemeinen Grundsätze und den ursächlichen Zusammenhang bei einzelnen verwickelteren Fällen gewonnen werden.

Ehe in den folgenden drei Paragraphen einzelne Constructionen und zwar nur solche, welche eine besondere Bedeutung haben, näher besprochen werden, möge zunächst eine allgemeine Erörterung über die verschiedenen Aufgaben und Mittel vorangehen.

Als erste Rücksicht für den Uferschutz kommt wohl der Werth des betreffenden Landes in Betracht. Die Erfahrung zeigt hierbei, dass sehr oft aus Kurzsichtigkeit nur das gerade dem Angriffe ausgesetzte Ufer oder das zunächst dahinterliegende Land in seinem Ertragswerthe geschätzt ist, und dass damit die Kosten eines wirksamen Schutzes verglichen, aber alsdann für unverhältnissmässig hoch gehalten werden. So ist z. B., nachdem die rasch zunehmende Verkleinerung der Nordseeinseln längst erkannt war, der kostspielige aber wirksame Schutz nur mit dem geringen Ertragswerth dieser Inseln verglichen und hat man desshalb Jahrzehnte lang versäumt, kräftig gegen die Angriffe der See einzuschreiten. Erst die richtigere Erkenntniss von dem bedeutenden Werth der Inseln für das Festland und die Schiffahrt haben endlich, für Wangeroog allerdings zu spät, die betreffenden Regierungen und Provinzial-Verwaltungen vermocht, die nöthigen Maassregeln zu ergreifen. An der Ostsee, wo meist nur Festland von bedeutender Höhe zu schützen und im Allgemeinen der Angriff nicht so zerstörend ist, kann im Ganzen der Werth des direkt betroffenen Uferlandes schon eher als richtiger Maasstab für die aufzuwendenden Kosten gelten.

Ein weiterer allgemeiner Grundsatz dürfte indessen mit dem vorgenannten gleichzeitig zu beachten sein, dass nämlich nur in sehr seltenen Fällen unsichere oder zu schwache Mittel Anwendung finden dürfen, weil dieselben in der Regel nicht allein sich als unnütz verbraucht erweisen, sondern auch das zu bekämpfende Uebel zu weit einreissen lassen oder gar selbst direkt vergrössern. So verschwinden schwache Uferdeckungen, insbesondere blosse Abschrägungen und Bepflanzungen oft völlig nach einem Sturme und bringen ausserdem das künstlich seiner oberen Decke beraubte Ufer noch stärker und rascher zum Abbruch.

Sodann darf als nützliche Regel gelten, dass wenn man einzelne weit vorspringende Ufertheile erhalten kann, dadurch für die zurückliegenden Strecken ein sehr erheblicher Gewinn erwächst, wogegen oft nach dem Abbruch der ersteren die Angriffe auf einer langen Linie ebenso stark werden, als sie vorhin nur auf einer weit kürzeren waren. Es ist dies namentlich dann der Fall, wenn ein solcher Vorsprung entweder die gefährlichste Windrichtung oder eine heftige Küstenströmung von dem rückspringenden Ufer abhält. Es pflegen allerdings vorspringende Ufer meistens aus festeren Materialien zu bestehen, während die rückspringenden mit dem Abbruch vorangegangen sind, indessen darf wegen der hohen Bedeutung mancher Vorsprünge ihrer Widerstandsfähigkeit auch nicht zu viel zugemuthet werden.

Bei Sandufern tritt zuweilen die Strömung als besonders gefährlicher Feind auf. Es ist im vorigen Paragraphen gezeigt, dass, wenn erst der Strand eine geringe Breite erhalten hat, damit auch die etwa hinter ihm liegenden Dünen oft unhaltbar werden. Um nicht eine solche Gefahr zu gross werden zu lassen, muss also schon die Annäherung derselben thunlichst frühzeitig bekämpft werden. Man muss desshalb unter Umständen seewärts mit kostspieligen, weit vorspringenden Werken, oder

mit Coupirungen von nachtheiligen Stromrinnen vorgehen, um auf dem Ufer einen noch theuerern und doch vielleicht erfolglosen Kampf zu vermeiden.

Die verschiedenen Bauweisen richten sich nun zwar vorzugsweise nach der Belegenheit oder der Beschaffenheit des zu schützenden Ufers, dabei übt jedoch in gewissem Grade auch der Preis der disponibelen Baumaterialien einen maassgebenden Einfluss. Wo z. B. Holz und Buschmaterial billig, Steine dagegen theuer sind, wird man unter Umständen eine weniger rationelle, aber bei gleicher Wirksamkeit sehr viel wohlfeilere Construction aus den erstgenannten Materialien nicht verschmähen dürfen. Umgekehrt muss man sich in anderen Gegenden vielleicht des zu gewissen Zwecken sehr brauchbaren Holzes der Kosten wegen ganz enthalten. Für viele Seeuferbauten wird der Angriff des Bohrwurmes auf das Holz alsdann unwesentlich sein, wenn dasselbe entweder im Boden steckt oder hoch auf dem in der Regel trockenen Ufer sich befindet, in beiden Fällen also der Wirkung des Bohrwurmes entzogen ist, (siehe § 24, Cap. XIV). Da ferner die Bauwerke meistens nicht absolut unverwundbar zu sein brauchen, in manchen Fällen entweder nur vorübergehend zu wirken haben oder ohne Nachtheil von Zeit zu Zeit in einzelnen Theilen erneuert werden können, so finden dabei Materialien von sehr verschiedenartiger Dauer, wie grosse Steine und Buschwerk, oft sehr zweckmässig mit einander Verwendung. Im Allgemeinen erscheint es nützlich bei weichem oder losem zu schützenden Boden mit solchem Material eine Unterlage zu bilden, welches sich vermöge seiner Biegsamkeit dem Boden am vollkommensten anschmiegt, in diesem am wenigsten Höhlungen zulässt und dabei die obere meist aus grossen, harten und schweren Steinen bestehende Decke gut trägt und auch unter ihnen möglichst alle Höhlungen vermeidet. Dazu dienen zunächst weicher Busch, Stroh, Haidekraut, Seegras und Tang, sodann Steinbrocken, Kies und Beton. Beide Arten werden zuweilen in passender Weise gemischt oder mit einander verbunden. Es muss dabei mit Bezug auf alle Seebauten kurz erwähnt werden, dass auf reinem Sandboden in mässiger Tiefe selbst grosse aber einzelne Steine durch den constanten Druck des Steines und die Bewegung des Sandes bei jeder hinübergehenden Welle sehr bald ganz eingewühlt werden. Dies findet sogar mit ganzen gestrandeten Schiffen statt, welche soweit versinken als sie noch einen Ueberdruck auf den Sand ausüben und als andererseits dieser noch durch Wellenschlag in seiner Beweglichkeit erhalten wird. An den Nordseeinseln pflegen die meisten nicht über die tägliche Fluthgrenze hinaus auf den Strand geworfenen Schiffe etwa in einem Jahre bis auf geringe vorspringende Theile ganz zu versinken. Selbst Molen aus einzelnen Steinen bedürfen schon einer solchen Breitenausdehnung, dass wenigstens unter dem Hauptheile eine Bewegung des Untergrundes durch die Wellen nicht mehr eintreten kann. Wo ferner die in der Oberfläche liegenden Steine nicht etwa regelrecht vermauert oder sonst durch Mörtel verbunden werden, müssen sie ein möglichst grosses Gewicht besitzen, weil sie unter Wasser ohnehin halb schwimmen und der Stosskraft der Wellen um so besser widerstehen, je grösser im Vergleich zu der gestossenen Fläche ihr Gewicht ist.

Zur Verbindung der oberen und leichteren Steine und des Busches dienen ähnlich wie bei dem Buhnenbau an Flüssen eingeschlagene Pfähle, welche sogar in einzelnen Fällen zu selbständigen Constructionen verwandt werden. Nur wenige Anwendung finden grosse Pfähle und starke Hölzer, weil sie bei ihrer Vergänglichkeit in der Regel zu kostspielig erscheinen. Indessen bieten sie unter Umständen das einzige Mittel um rasch und sicher besonders gefährdete Stellen zu vertheidigen.

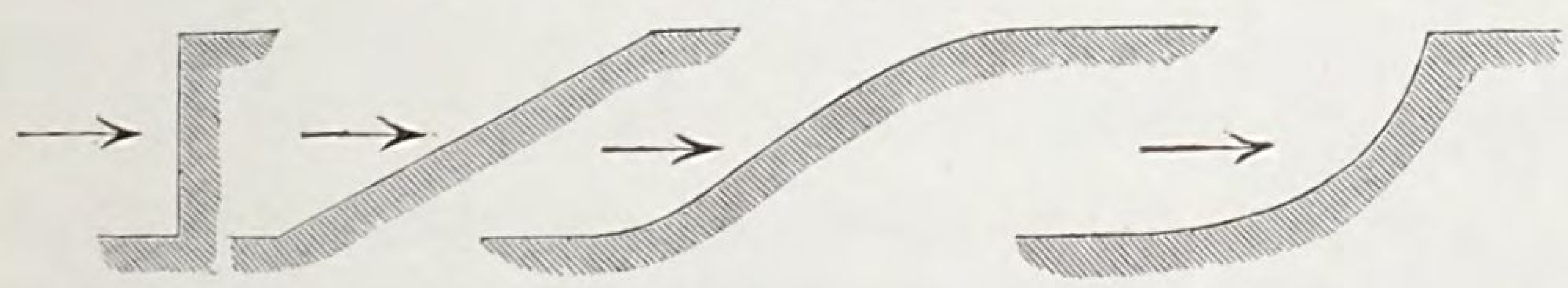
Wenngleich in vielen Fällen verschiedene Arten von Bauwerken und landwirthschaftlichen Arbeiten zur Erreichung eines gewissen Zweckes zusammen zur Anwendung kommen, z. B. zur Erhaltung einer heftig angegriffenen Insel die Anlegung von Strandbuhnen, die Herstellung eines Dünenschutzwerkes, die Cultur der Dünen und vielleicht auch des Marschufers der Insel, so sind in den folgenden Paragraphen die einzelnen Arbeiten möglichst nach ihrer Gleichartigkeit oder Aehnlichkeit zusammengehalten. Es ist aber für manche Aufgaben durchaus nothwendig, die Gesammtheit derselben zu überblicken.

§ 5. Parallele Schutzwerke. Diese Werke können ihrer Lage nach fast stets nur den Zweck haben, das dahinterliegende Ufer direkt zu schützen. Nur bei einzelnen parallelen Dünenschutzwerken kann man den durch sie hervorgebrachten Schutz für die Dünen als einen indirekten ansehen, indem sie zunächst nur die Aufgabe haben den Strand zwischen ihnen und den Dünen zu erhalten, auf demselben eine Vordüne zu bilden und erst dadurch die alten Dünen wieder lebensfähig zu machen. In Hinsicht auf den Strand wirken indessen auch solche Werke direkt.

Wenngleich im vorigen Paragraph erwähnt ist, dass die Constructionsarten sich nicht genau nach der Belegenheit unterscheiden, so soll doch, um eine möglichst systematische Reihenfolge zu gewinnen, wenigstens eine Trennung nach den bedeutenderen Verschiedenheiten der Lage befolgt werden. Es lassen sich danach unterscheiden: die Deckung niedriger Ufer, welche vor sich ein höheres Watt oder dergleichen besitzen, welche aber von den Hochfluthen, also auch von den stärksten Wellen hoch überfluthet werden, sodann die Deckung höherer jedoch nicht am tiefen Wasser liegenden Ufer, welche also dem stärksten Wellenschlage ausgesetzt sind, und endlich die Deckung tiefliegender Ufer, bei denen weniger die Wellen als die Strömungen in Betracht kommen.

Für die beiden ersteren Arten, bei denen der Angriff der Wellen vorzüglich in Frage kommt, ist die Profilform von grosser Bedeutung. Wenn jedoch die Wahl des Materials schon feststeht, so wird die Freiheit in der Wahl des Profiles schon erheblich beschränkt, so dass das etwa theoretisch vortheilhafteste Profil nur annähernd oder nur sehr unvollkommen zu erreichen ist. Dabei sind dieselben Profilformen je nach den Umständen als geeignet oder als nachtheilich anzusehen. Es lassen sich nur vier wesentliche Variationen bilden: zunächst die gradlinig steile, die gradlinig schräge, die nach oben convexe und die nach oben concave Form (siehe die nebenstehenden Figuren); dieselben gestatten allerdings weitere Combinationen, wovon später die Rede sein wird (vergl. auch schon Taf. XLVII).

Fig. 1.



Die erste jener Formen gestattet nur die Ausführung entweder in starkem Holz oder in solidem Mauerwerk. Sie erfordert, namentlich bei ersterer Construction, das wenigste Material, den kleinsten Raum, sie schützt die hinterliegende Oberfläche, weil sich die Wellen grossentheils davor zerstören oder brechen, aber sie befördert bei nicht festem Vorgrunde leicht eine Vertiefung desselben.

Die zweite gradlinig schräge Form gestattet in der Regel die leichteste Ausführung, sie leidet jedoch an dem Uebel, dass der obere Theil in der Regel stärkeren Angriff als der untere erhält und dass die Welle mit starker Vorwärtsbewegung

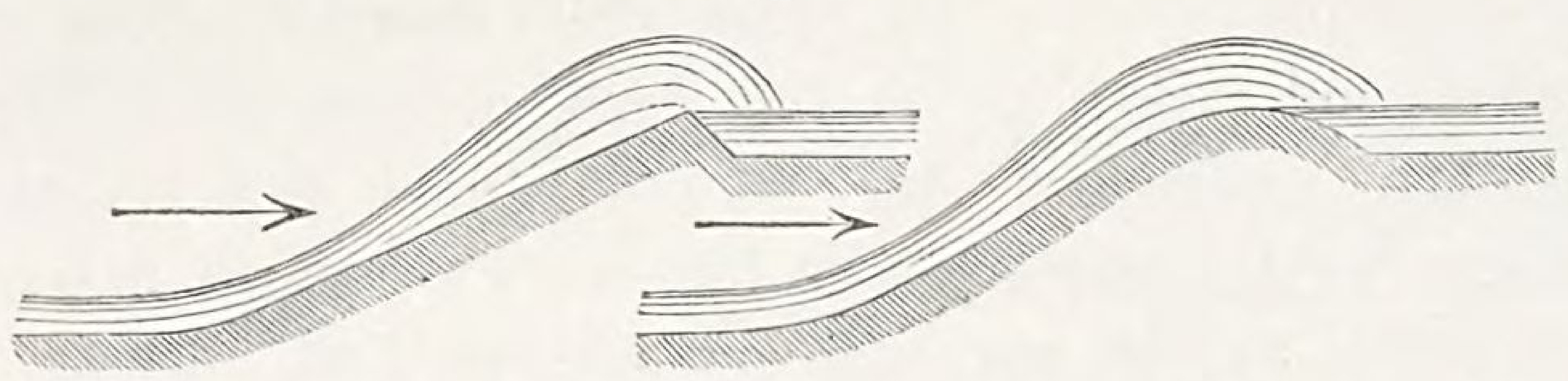
sich auf das obere Ufer stürzt, sowie bei dem Rückfluss unter Umständen den Vorgrund heftig angreift.

Um den ersten Nachtheil zu vermeiden hat man die dritte Form angewandt und zwar in dem unteren Theile entweder gradlinig oder aber concav nach oben. Es wird dabei allerdings der Wellenstoss auf den oberen Theil sehr geschwächt, indem die Welle nur mehr hinüberrollt, aber es wird auch gerade dadurch der Angriff des oberen Ufers wesentlich vermehrt.

Aus dieser Rücksicht ist die Anwendung des im oberen Theile concaven Profils entstanden, weil bei diesem die Welle gezwungen wird nach oben zu springen. Wenn das Profil oben vertical oder gar vorübergeneigt aufhört, so muss die Welle in sich selbst zurückstürzen. Es könnte scheinen, als ob der obere Theil dabei einem zu grossen Angriffe ausgesetzt wäre, doch wird dies durch die Erfahrung nicht bestätigt.

Die vorgenannten ersteren Formen können jedoch auch in ähnlicher Weise wie die letztere für den Angriff der hinterliegenden Oberfläche unschädlich gemacht werden, wenn sie um ein gewisses Maass höher als diese aufgeführt werden, siehe nebenstehende Fig. 2. Die hinüberschlagende Welle findet dann statt der ungeschützten oder wirklichen Uferfläche ein Polster von stehendem Wasser, welches den heftigsten Stoss aufnimmt. Man hat zu demselben Zwecke auch oft mit Erfolg das Deckwerk gar nicht direkt vor das Ufer, sondern in einem kleinen Abstand davor gelegt, weil dann um so sicherer die überschlagende Welle nur Wasser treffen kann. Es rührt diese sehr praktische Abänderung der Uferwerke von Woltmann her, nach dessen Anordnung sie zunächst in Cuxhaven und sodann in der Nähe der Hadelnschen Marsch mehrfach angewandt worden ist.

Fig. 2.



Für die im vorigen Paragraph sowie soeben besprochenen Grundsätze und einzelnen Rücksichten mögen nun noch folgende charakteristischen, auf Taf. XLVII dargestellten Beispiele dienen.

Fig. 20 zeigt die Sicherung des Ufers neben dem Kaiser-Hafen in Bremerhafen (siehe auch Taf. LVII). Das völlig neue Ufer musste hier auf dem etwa $0^m,5$ über Niedrigwasser liegenden Schlickwatt aufgehöht werden bis zu einer Höhe von $5^m,3$ über Niedrigwasser, oder reichlich 2^m über Hochwasser, um ein schmales Vorland für den Deichfuss zu bilden. Die etwa $2^1/_2$malig gradlinig geböschte aus 250 bis 1500^k schweren Granitblöcken bestehende Steindecke ruht zunächst auf einer etwa $0^m,5$ dicken Unterlage von Backsteinbrocken, und hauptsächlich auf horizontalen Packwerksschichten, welche vorn etwas in das Watt eingegraben sind. Die ganze Böschung stützt sich dabei gegen eine Reihe dicht geschlagener Pfähle von etwa 15^{cm} Dicke.

Die Fig. 21 gezeichnete 3malige Böschung, welche den Molenkopf der Hafeneinfahrt umgiebt, unterscheidet sich von der vorigen noch dadurch, dass die alte Bodentiefe hier grösser, etwa $1^m,5$ unter Niedrigwasser ist, und dass desshalb die Buschlagen weiter ins Ufer zurückspringen, und die doppelt geschlagene Pfahlreihe nach hinten durch Ketten verankert ist.

Fig. 19 giebt eine vor der Hadeln'schen Marsch häufiger angewandte Construction, bei welcher eine todte, während der Sturmfluthen bis zur Kronenhöhe des Uferwerks anwachsende Wassermasse hinter dem eigentlichen Werk die Stösse der überschlagenden Wellen aufnimmt. Die Construction bedarf im Uebrigen keiner weiteren Erklärung. Statt der gradlinigen Böschung vorn und hinten ist bei sonst gleicher Anordnung auch wohl an anderen Orten eine nach oben convexe Böschung gewählt worden, welche indessen für die feste Lage der rohen Steine keineswegs besser sein dürfte. Anstatt der einfachen Pfahlreihen an den beiden Enden und auf der Krone hat man namentlich früher oft noch mehrere Längsreihen und in gleichen Abständen von etwa $1^m,5$ Querreihen von Pfählen angebracht, oder sog. Caissons aus denselben gebildet. Dies Verfahren hat alsdann einen Werth, wenn vorzugsweise kleinere Steine in der Oberfläche liegen, bei denen hier und dort auf ein Los-

schlagen durch die Wellen gerechnet werden muss. Es sollen alsdann die Caissons verhindern, dass sich die einzelnen Breschen nicht zu weit ausdehnen. Denn es liegt jeder benachbarte Stein längst nicht mehr so sicher, wenn ein einziger daneben erst losgerissen und fortgeschleudert ist und es wird bei zunehmender Anzahl der vertriebenen Steine die Gefahr für die übrigen immer grösser. Dagegen zwingt aber die Anwendung regelmässiger Caissons zu einer weniger soliden und dichtschliessenden Lagerung der einzelnen Steine, wenn man nicht zu regelrecht behauenen Steinen übergehen will. Diese lassen sich jedoch ohne Pfähle reichlich so gut dichtschliessend setzen. Es kann aber die Anwendung von einzelnen Pfählen, welche je nach der Form der grössten unregelmässigen Steine um diese herumgeschlagen werden und dabei auch die angrenzenden kleineren niederhalten, zweckmässig sein, besonders dann wenn die Pfähle selbst in festem, zähem Boden stecken.

Diese drei bis jetzt beschriebenen Deckungen, bei denen keine absolut dichte Oberfläche oder Unterlage gebildet ist, würden bei einem sandigen Ufer bald grosse Höhlungen in demselben entstehen lassen und können daher nur für Thonufer gelten.

Fig. 18 stellt eine Uferdeckung dar, wie sie z. B. an der Ostsee mehrfach bei grösserer Tiefe vor abbrüchigen steilen Ufern zur Anwendung gebracht ist. Der wesentlichste Theil derselben besteht aus mehreren nach oben hin zurückspringenden Sinkstücken, welche anfangs mit kleineren und in der Aussenfläche mit grossen Steinen beschüttet sind. Hinsichtlich der Construction und Absenkung der Sinkstücke muss auf Cap. IX (§ 9, S. 486) verwiesen werden, nur sei hier bemerkt, dass man bei Verwendung der Sinkstücke zu derartigen Uferwerken vorzugsweise starker Kantzäune bedarf, um den Steinen bei der zweimaligen Böschung genügenden Halt zu gewähren. Die Kantzäune sind in der Fig. 18 durch Pfähle angedeutet.

Bei starker Strömung wird selbst bei thonigem Ufer eine blosse Deckung desselben nicht genügen, sondern entweder die Anlage von vorspringenden Buhnen (siehe folgenden Paragraph am Schluss) oder wenigstens eine weiter vortretende Deckung des Grundes nothwendig sein. In solcher Weise ist im Jahre 1856 vor dem Hadelnschen Elbufer unweit Cuxhaven an einer besonders gefährdeten und wichtigen Stelle eine Grunddeckung mit drei hintereinander und zum Theil doppelt liegenden Sinkstücken ausgeführt. Die Tiefen betrugen dicht vor dem Ufer über 12^{m}, während in geringer Entfernung sogar über 30^{m} Tiefe vorhanden war. Die gelungene Ausführung ist speciell beschrieben von Hess im Bd. II. d. Zeitsch. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover.

Fig. 16 zeigt die vor einer Strasse an der Meeresküste bei Algier ausgeführte Uferdeckung, welche aus einer nach vorn einmalig geböschten, nach hinten mit Höhlungen zur Ersparung angelegten Mauer besteht. Sie ist näher beschrieben in der Zeitschr. d. Oestr. Ing. u. Arch.-Ver., Jahrgang XVIII. Es wird darin u. A. mitgetheilt, dass die Spundwand durch den Angriff des Meeres blossgelegt und auch die Erde hinter der Mauer weggeschlagen sei, dass sich die Mauer selbst dabei aber völlig erhalten habe. Diese drei Angaben lassen sich aus der Zeichnung als sehr glaubhaft und wahrscheinlich erkennen. Denn die Stabilität der Mauer ist offenbar sehr gross, aber es werden die Wellen bei dem Aufsteigen und namentlich bei dem Niedersinken einen weit grösseren Angriff äussern als z. B. bei einer ganz steilen Mauer und auch bei einer sehr flach geböschten (vergl. Cap. XVII, § 11). Die einmalige Böschung wird besonders heftig den Stoss oder Rückschlag der niedersinkenden Welle oder des sich zurückziehenden Wassers gegen den fast horizontalen Boden lenken. Auch muss alles überschlagende Wasser mit grosser Gewalt die hinterliegende Erde treffen. Trotz der originellen und für manche andere Zwecke sehr vortheilhaften Construction muss die Mauer für eine Seeuferdeckung als nicht geeignet bezeichnet werden.

Fig. 6. ist ein ursprünglich in Cuxhaven nach Woltmann's Angabe, späterhin an vielen anderen Orten ausgeführtes, sehr rationelles Uferwerk, welches ebenfalls gewissermaassen als Mauer angesehen werden kann. Es werden hierbei die beiden oben getadelten Mängel sehr glücklich vermieden, denn es übt die Welle sowohl beim Ankommen als bei dem Rücklauf einen so geringen Angriff auf den Vorgrund als bei einer Beschränkung der Mauer auf ein so kleines Maass überhaupt möglich ist und ausserdem stürzt die hochauflaufende Welle zum grossen Theile in sich zusammen und trifft das hinterliegende Ufer nur in geschwächtem Grade. Die vordere mit Quadern verblendete Fläche bildet einen Viertelkreis, während die Unterlage aus billigerem Beton besteht. Eine Abpflasterung der oberen Uferfläche würde die Anlage wesentlich verstärken, da dieselbe durch eine bedeutendere Auswaschung der Hinterfüllung augenscheinlich keinen Halt mehr besitzt. Aehnliche Mauern werden auch von Emy sehr empfohlen. — Die eigentlichen Mauern können hier übergangen werden, da sie im Cap. XVII näher besprochen sind und zu blossen Deckungen fast nie in Anwendung kommen.

Von allen Seeuferbauten bieten nun die auf reinem Sandgrunde anzulegenden sogen. Dünenschutzwerke die grössten Schwierigkeiten, weil der natürliche Boden gar keine Wellenstösse verträgt, sondern mit jeder hinüberlaufenden Welle in Bewegung geräth und von jeder ihn schräg treffenden Welle in grossen Massen fortgeschwemmt wird. Es muss daher sowohl der Fuss des Werkes weit vorgezogen als auch, wenn eine übermässige Höhe vermieden werden soll, der Kopf oder Rücken gegen das Aufschlagen der Wellen gesichert werden.

Fig. 5 zeigt das im Jahre 1858 erbaute Dünenschutzwerk auf der Insel Norderney. (Weiter ausführlichere Mittheilung von Tolle in der Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover Band X.) Man hatte hier ein Jahr vorher ein ähnlich geformtes, jedoch nur aus unregelmässigen, in Klai gebetteten Steinen gebildetes Schutzwerk ohne Fuss und Rückendeckung angewandt, welches aber im ersten Winter grossentheils zerstört wurde. Das weit solider gebaute, in der Fig. 5 dargestellte Profil, welches für 1^m damals etwa 460 Mark gekostet, aber sich auch seit 20 Jahren bewährt hat, kann dagegen als ein recht sicheres Schutzwerk bezeichnet werden. Nur sind die Kosten sehr bedeutend und es ist fraglich, ob nicht bei der nach oben convexen Form ein unnöthig grosser Wellenstoss auf die hintere in Kalksand gebettete hochkantige Klinkerpflasterung erzeugt wird. Während an dem eigentlichen Hauptheile, dessen Quader sorgfältig in Mörtel gesetzt und mit Portland-Cement nachgefugt sind, sowie an dem Fusse kaum irgend welche Beschädigungen entstehen, so ist doch das auflaufende Wasser hoher Wellen für den oberen Theil nicht immer ohne Nachtheil geblieben.

Das in Fig. 4 dargestellte zuerst im Jahre 1876 auf der Insel Borkum gebaute Dünenschutzwerk ist wesentlich leichter und wohlfeiler, etwa 1^m für 210 Mark, construirt und hat sich ebenfalls sehr gut bewährt. Auf der in einer Mischung von 1:4 hergestellten Unterlage von Kalksand, welche in ihrer Oberfläche durch Schablonen völlig geebnet wird, ruht eine nur 1 Stein starke hochkantige Klinkerschicht in Portland-Cement, deren Fuss ähnlich wie bei dem Norderneyer Werk mit einer Schwelle von Beton und einer leichten Pfahlreihe gesichert ist. Die bei Sturmfluthen völlig steil aufsteigenden Wellen treffen das obere nur mit Portland-Cement ausgeschlemmte Klinkerpflaster nur sehr wenig. Der Erbauer, Schramme, empfiehlt statt des vertikalen Theils der Vorderfläche die Krümmung bis zur oberen Kante fortgehen zu lassen um die Wellen vollständig zurückzuwerfen. Ein wesentlicher Unterschied und nicht zu verkennender Vorzug gegen das ältere Norderneyer Werk liegt jedenfalls darin, dass der Fuss dieses Werkes bis auf ord. Hochwasser hinabgeht, während er bei jenem etwa $1^m,5$ darüber liegt. Es setzt also das Norderneyer Werk einen bedeutend höheren Strand oder eine erfolgreiche Sicherung desselben durch Strandbuhnen voraus, wenn nicht mindestens der Vorbau des Dünenschutzwerks in die Gefahr einer Unterspülung gerathen soll. Diese Gefahr ist thatsächlich einige Jahre nach der Erbauung eingetreten, wie die in Fig. 5 eingetragene Strandhöhe von 1861 zeigt und wohl nur durch die alsdann erbauten Strandbuhnen abgewandt.

Uebrigens gestatten beide Werke gleich gut einen soliden Anschluss an die vor ihnen ausgeführten Buhnen (siehe w. u.) Bei dem Borkumer Schutzwerk hat sich ausserdem in dem ersten Winter gezeigt, dass es gefährlich für den Bestand desselben ist, wenn hinter demselben sich eine Niederung befindet, welche sich während eines Sturmes mit dem unvermeidlichen Spritzwasser anfüllt. Dieses Wasser kann nach raschem Abfallen der Fluth das Werk von hinten zerstören.

Das in Fig. 3 dargestellte Schutzwerk auf der holländischen Insel Goedereede (auch Goeree) enthält nur zum Theil die von dem Borkumer Werk gerühmten Vorzüge, bietet auch dem oberen Dünentheile nur einen unvollkommenen Schutz. Die obere Steindecke besteht aus Stücken von Säulenbasalt von $0^m,5$ Länge, welche mit ihren Seitenflächen dicht schliessend auf zwei sich in ihren Fugen deckenden Lagen von Backsteinen gesetzt sind. Letztere liegen auf einer den Dünensand bedeckenden $0^m,4$ starken Lage von Klai. Am Fusse und Kopfende ist Buschwerk angebracht. Ein Meter Länge dieses Deckwerks hat etwa 170 Mark gekostet.

Das letzte in Fig. 9 gegebene Beispiel eines parallelen Schutzwerkes ist ursprünglich in einer etwas anderen Construction zuerst an der nordholländischen Küste bei Petten ausgeführt und später daselbst so wie gezeichnet abgeändert. (Vergl. hierüber Storm-Buysing, I. Th. S. 666 und Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst III. Th. 2. Bd. S. 81.) Der wesentlichste Theil, die Pfahlwand ist nämlich anfangs dicht gewesen, was zwar einen direkten Abbruch des dahinterliegenden sandigen Dünenufers verhindert, jedoch starke Beschädigungen der Wand selbst herbeigeführt hat. Ausserdem trat weder vor noch hinter dem Werke die gehoffte Aufhöhung des Strandes ein. Nachdem aber im Jahre 1861 die Pfahlwand in ihrem oberen Theile etwa zur Häfte durchsichtig gemacht worden, haben sich

sowohl die Angriffe auf die Wand selbst verringert als auch namentlich die Anhäufung des Sandes vor und hinter dem Werke bedeutend vermehrt. Indem nämlich die Welle zum Theil durch die Wand hindurchdringt, muss sie einen Theil des von ihr bewegten Sandes dahinter ablagern und wegen nur theilweiser Rückströmung einen Theil vor der Wand liegen lassen. Die Construction bedarf nach der Zeichnung kaum einer weiteren Erläuterung, als dass unbedingt die obere Holzgurte hinter der Pfahlwand liegen muss und alle Bolzenköpfe wegen des heftigen Stosses der Wellen und des dadurch entstehenden Rüttelns aller Theile mit starken Unterlagsscheiben versehen sein müssen.

Seit den bei Petten gemachten Erfahrungen hat man gleiche und ähnliche Wände vielfach an anderen Seeufern und dabei unter verschiedenen Verhältnissen angewandt. So z. B. an der Ostseeküste bei Warnemünde, um auf fast ebenem und wenig über Mittelwasser hohem Ufer einen Durchriss nach einem hinterliegenden See zu verhüten, ferner im Jahre 1876 auf Borkum. Es besteht in dem in Fig. 1 angegebenen Dünenschutzwerke die mittlere etwa 530^{m} lange Strecke aus solchem Pfahlwerk, während rechts und links davon die in Fig. 4 gezeichnete Mauer sich befindet. Während die letztere sich hart an die angegriffenenen Dünen anlegt, muss begreiflicherweise das Pfahlwerk stets einen gewissen Raum zwischen sich in der abbrüchigen Dünenböschung lassen. Es kann also eine solche Böschung nicht so sicher damit wie mit einer Mauer gedeckt werden und bleibt daher auch der obere Theil der Düne mehr dem Verwehen ausgesetzt. Es erscheint dagegen ein Pfahlwerk besonders geeignet, vor einem bereits eingetretenen Durchbruch einer Dünenkette oder einer tiefen Einbucht derselben zu stehen, um aus dem hinten aufgefangenen Sande eine Vordüne (siehe § 7) bilden zu lassen. Hierfür würde eine Mauer, wie bereits bei Besprechung von Fig. 4 erwähnt, durchaus nicht am Platze sein. Dass auch ein solches Pfahlwerk mit seiner vorderen Steinböschung sich bequem mit Strandbuhnen verbinden lässt erscheint selbstverständlich. Es ist dies z. B. bei Petten sowie auf Borkum geschehen. Eine besondere Vorsicht ist bei langen und seitwärts sich an die Dünen anschliessenden derartigen Pfahlwerken darin noch zu beachten, dass dem nach einem Sturme dahinter angesammelten Wasser der Rückfluss möglichst unschädlich gestattet werden muss, wenn es nicht sich gewaltsam durch alle Fugen unter den Pfählen durch Bahn suchen soll. Dazu hat man in Borkum eine zugleich als Durchfahrt benutzte Oeffnung von etwa 5^{m} in der Wand gelassen und dahinter in etwa 5^{m} Abstand eine besondere kurze parallele Wand gleicher Construction gestellt.

§ 6. Vorspringende Schutzwerke. Hierbei sind zwei wesentlich verschiedene Arten zu unterscheiden, nämlich zunächst die Buhnen, welche in grösserer Tiefe zur Abwendung einer starken Strömung von einem gefährdeten Ufer anzulegen sind, sodann die flach auf dem Strande liegenden und nur etwa bis zum Niedrigwasser reichenden Strandbuhnen. Die erstere Art wird wohl nur in Flussmündungen und dabei fast nie vor rein sandigem Ufer vorkommen. Es ist ein solcher an dem Elbufer in der Landschaft Hadeln vorgekommener Fall bereits im vorigen Paragraph erwähnt. Im Uebrigen kann hier auf den Buhnenbau in Flüssen, siehe Cap. IX, § 10, S. 494, Bezug genommen werden.

Die zweite Art, die eigentlichen Strandbuhnen, unterscheiden sich von den Flussbuhnen in ihrer Anwendung besonders durch sehr geringe Höhe und eine gegen heftigen Wellenschlag möglichst sichere Oberfläche. Was ihren Zweck anlangt, so sollen sie zwar auch wie jene einen Theil des überströmten Bodens vor Strömung schützen und die Annäherung grösserer Tiefe verhindern, jedoch nicht auch weiter auf die Ausbildung von Stromrinnen oder auf die Concentrirung einer Strömung einwirken. Während man ferner hinsichtlich der Länge der Flussbuhnen oder der die Köpfe verbindenden Streichlinie die grösste Vorsicht mit besonderer Rücksicht auf das übrig bleibende Querprofil zu gebrauchen hat, ist man bei den Strandbuhnen in dieser Beziehung völlig unbeschränkt. Es ist nicht nöthig eine genaue Streichlinie festzusetzen, sondern man sucht mit jeder einzelnen Buhne so weit als irgend möglich seewärts vorzugehen um eine grösstmögliche Strandfläche in Schutz zu bringen. Hat man z. B. zwischen zwei weit vortretenden Buhnen eine dritte anfangs nur in geringer Länge herstellen können, so wird man höchst wahrscheinlich nach einiger Zeit im Stande sein, diese zu verlängern, sobald sich durch den Schutz der andern eine

Erhöhung vor ihr gebildet hat. Aber selbst wenn dies nicht eintreten sollte, so ist übrigens die grössere Länge jeder Buhne für den in der Nähe liegenden Strand von Gewinn. Dem Vorspringen der Köpfe wird jedoch, wo Ebbe und Fluth herrscht, fast unbedingt durch das Niedrigwasser eine Grenze gezogen, und an anderen Meeresküsten wenigstens durch die Linie des niedrigen Mittelwassers. Denn es würde unverhältnissmässig theuer kommen noch weiter hinaus zu bauen, weil wegen der steten Brandung selbst kleine Fahrzeuge nicht unmittelbar am Strande liegen dürfen und die Herstellung von interimistischen Gerüsten, wie sie z. B. bei Molenbauten vorkommen, eben selbst schon grosse Kosten verursachen würde. Man ist desshalb auf die kurze Zeit des Niedrigwassers beschränkt um an dem Kopf der Buhnen ohne weitere Hülfe als etwa mit leichten Hebezeugen vom Strande und dem bereits fertigen Ende aus zu arbeiten. Bei jedem etwas stürmischen Wetter ist ausserdem das Arbeiten in der Nähe der Köpfe auch bei niedrigem Wasser unmöglich.

Die Wurzeln der Buhnen müssen unbedingt an einen sicheren Punkt des Ufers, eventuell an dem künstlichen parallelen Schutzwerk angeschlossen werden, weil grade die Wurzelenden bei Sturmfluthen ganz besonders zu leiden haben. Es ist hiernach die Länge der Buhnen durch die örtlichen Verhältnisse des zu schützenden Strandes gegeben und es fragt sich nun vorzüglich, in welchen Entfernungen man sie zu legen hat. Man kann ganz unbedingt behaupten, dass je näher die Buhnen, desto grösser die Wirkung für die zwischen ihnen liegende Strandfläche sein wird. Bedenkt man aber, dass bei einer Länge von 150 bis auf 200^{m} die einzelnen Buhnen auf den Nordseeinseln schon mindestens etwa 20000 Mark kosten, und dass oft die Nothwendigkeit vorliegt, rasch grosse Strandflächen in Schutz zu bringen, so wird man gewiss lieber eine zeitlang auf eine vollständigere Wirkung der Buhnen hinsichtlich der Aufhöhung des Strandes verzichten und nur der Länge und Breite nach den Strand in grösster Ausdehnung so rasch wie möglich zu schützen suchen. Man wird also meistens die Buhnen anfangs in grösseren Entfernungen anlegen und später in den Zwischenräumen eine oder zwei Zwischenbuhnen nachfügen um den zuerst nur nothdürftig geschützten Strand schliesslich wieder zu erhöhen. Würden mit dem überhaupt disponiblen Gelde an einer Stelle des Strandes mehrere Buhnen gleich in der definitiven kleinsten Entfernung angelegt sein, so wäre höchst wahrscheinlich inzwischen der benachbarte Strand wesentlich verschmälert und man hätte der See gegenüber an Terrain eingebüsst. Auf der anderen Seite darf man aber auch bei anfangs weitläuftig angelegten Buhnen mit der Herstellung von Zwischenbuhnen nicht so lange warten, bis der Strand sich wesentlich erniedrigt hat. Denn die Erfahrung hat überall gezeigt, dass die hoch über dem Strande vortretenden Buhnen unverhältnissmässig mehr zu leiden haben als die nur wenig die Höhe des Strandes überschreitenden. Man kann allerdings durch Verbreiterung der Buhnen, namentlich durch schräg geneigte Seitenflächen die Angriffe abschwächen, aber es wachsen damit die Kosten wieder sehr erheblich.

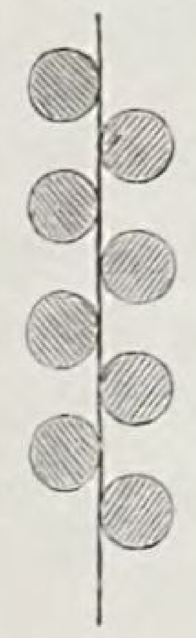
Nach vorstehenden Erwägungen empfiehlt es sich die Länge so gross als möglich, mindestens aber vom festen Ufer bis zum Niedrigwasser reichend zu nehmen, die Entfernung der Buhnen in der Regel anfangs etwa gleich dem Dreifachen der Länge zu wählen und baldmöglichst eine Zwischenbuhne in der Mitte zu erbauen, und endlich die Höhe von der festen Uferkante in der Regel mindestens 1^{m} über Hochwasser allmählich bis etwa höchstens 1^{m} über Niedrigwasser abfallen zu lassen. Im Allgemeinen darf dabei die Buhne, je leichter und mit je steileren Seiten sie

construirt ist, desto weniger hoch über den Strand vortreten. Es bilden sich sonst tiefe Rinnen neben ihnen aus, wodurch endlich bei starkem Sturm die Buhne selbst ganz oder zum Theil zerstört wird. Diese Rinnen entstehen sowohl durch den heftigeren Angriff der Wellen auf den Strand in der Nähe eines festen Körpers, als auch in dem concentrirteren Rücklauf des Wassers vom Strande zur Tiefe. Es sind desshalb fast stets und namentlich an den unteren Enden die Buhnen zu beiden Seiten bei Niedrigwasser vom Wasser begrenzt, während der Strand übrigens trocken liegt.

In der Construction ist im Ganzen keine grosse Wahl (siehe § 4). Wo die Decke oben aus Steinen besteht, ist vor allen Dingen eine den Druck der Steine übertragende leichte Schicht aus Busch, Tang oder Seegras nothwendig. Als Zwischenlage sind kleine Steinbrocken nützlich, wenngleich nicht absolut erforderlich. Die Steinoberfläche wird nebst der Unterlage durch eingerammte Pfähle, insbesondere an den Seiten befestigt. Die Zahl der Pfahlreihen nach der Quere richtet sich nach der Breite und diese nach der Stärke des Angriffs.

Die einfachste und leichteste Art besteht aus einer einzigen Pfahlreihe, deren 15 bis 20^{cm} dicken Pfähle etwa mindestens 1^{m},5 tief eingeschlagen und etwa 0^{m},5 hoch über dem Strande ganz gleichmässig abgeschnitten oder nachgerammt werden. Eine merkliche Verstärkung gewinnt die Construction, wenn die Pfähle, wie Fig. 3 zeigt, in zwei Linien, aber mit ihren Rundungen sich dicht berührend, also etwa bei 20^{cm} Durchmesser in 30^{cm} Entfernung geschlagen werden. Derartige Pfahlbuhnen sind an verschiedenen Strecken der deutschen Ostseeküste mit gutem Erfolg angewandt. Sie haben sich meistens nur dort nicht bewährt, wo man sie zu hoch über der Strandfläche hat vortreten lassen. An der Nordsee würden sie als Zwischenbuhnen gewiss auch gute Dienste thun, doch sind sie wohl mit Rücksicht auf den Bohrwurm bis jetzt nicht zur Verwendung gekommen.

Fig. 3.



Eine andere eigenthümliche Holzconstruction befindet sich an der englischen Küste bei Dover. Es ist dort freilich der Strand sehr schmal aus abgerundeten Feuersteinen gebildet. Theils um das eine Eisenbahn tragende Ufer zu schützen, theils um das Vortreiben des Gerölles vor den Landungsplatz zu verhüten, liegen in etwa 30^{m} Entfernung ebenso lange mit dem Strand schräg abfallende und etwa 1 bis 1^{m},5 darüber hervorragende Buhnen, deren Querschnitt dachförmig mit etwa 90 Grad oberem Winkel ist und welche ähnlich wie starke Eisbrecher aus mehreren Pfahlreihen mit Holmen, Gurten u. s. w. und einem alles vollständig bedeckenden Bohlenbelage bestehen. Eine solche theuere und doch nur einige Jahre haltbare Holzconstruction erscheint indess nicht nachahmungswerth, insbesondere zu vermeiden wo der Bohrwurm vorkommt.

Wo die einfachen Pfahlbuhnen nicht ausreichend scheinen, wendet man an der Ostsee häufig das in Fig. 15, Taf. XLVII dargestellte Profil an, welches die einfachste Art der aus Stein und Holz gemischten Construction vertritt. Es sind die beiden Pfahlreihen sowohl jede für sich als auch untereinander durch Flechtstangen gegen das Losschlagen einzelner Pfähle möglichst gesichert. Im Allgemeinen kann jedoch die Construction nicht sehr empfohlen werden, da sie auch nur geringe Höhe über dem Strande gestattet.

Wesentlich kräftiger ist die in Fig. 17 gezeichnete Buhnenart, welche auf der dänischen Insel Falster zum Schutz des Ufers erbaut ist. Durch die Anwendung von mehreren Reihen Pfählen, in der Nähe der Wurzel drei, in der Nähe des Kopfes fünf unter entsprechender Zunahme an Breite, kann die ganze Oberfläche der Quere nach merklich gekrümmt werden, wodurch bei grösserer Höhe die schädlichen Vertiefungen an der Seite ermässigt werden. Es steigt damit die Wirksamkeit und die Haltbarkeit in gleichem Maasse. Uebrigens ist nur hierbei noch zu erwähnen, dass die Unterlage der kleinen Steine aus Seetang besteht.

Bei weitem solider, aber auch kostspieliger sind die seit dem Jahre 1861 zuerst auf der Insel Norderney und später ähnlich auch auf mehrerern anderen ostfriesischen Inseln angelegten Strandbuhnen, wovon Fig. 14 den Kopf im Grundriss, Fig. 13 einen Schnitt nahe am Kopf und Fig. 12 einen Schnitt nahe an der Wurzel darstellt. Es ist aus diesen Figuren das Gefälle der Buhne, jedoch nur etwa zur Hälfte, zu erkennen, indem sich das auf der letzten Strecke stark ansteigende Wurzelende völlig bis zu der Höhe des vorderen Theiles des in der Fig. 5 dargestellten Dünenschutzwerks erhebt und der Kopf noch bis auf etwa 0,3 über Niedrigwasser abfällt. Die Breiten nehmen dabei fast gleichmässig von der Wurzel nach dem Kopfe hin zu und zwar von etwa 5^{m},8 bis auf 8^{m},7 im

Hauptkörper. Derselbe ist zwar schon merklich gekrümmt, hat aber ausserdem zu beiden Seiten eine sich schräg an den Strand anschmiegende Berme von 2 bis zu $4^{m},6$ Breite. Die Detailconstruction geht übrigens genügend aus der Zeichnung hervor, wenn nur dabei bemerkt wird, dass die Steinbrockenlage von 15 bis 20^{cm}, die Dicke der Quader selbst von etwa $0^{m},3$ bis $0^{m},5$ nach dem Kopfe hin zunehmen. Die Pfähle wechseln von $1^{m},5$ bis 3^{m} Länge und 9 bis 18^{cm} Stärke, je nach der Höhe des Strandes und ihrer Bedeutung. Die fünf ersten dieser Buhnen von etwa je 210^{m} Länge haben 255 000 Mark gekostet. Ihnen ist allerdings die Rettung des im höchsten Grade gefährdeten Inseldorfes und des ganzen westlichen Theils der Insel Norderney zu danken, dessen Dünen in der Sturmfluth von $18^{54}/_{55}$ an einigen Stellen um 45^{m} weggerissen wurden, so dass nur eine einzige schmale Dünenkette übrig blieb. Nachdem diese im Jahre 1858 durch das im vorigen Paragraph besprochene Dünenschutzwerk gesichert worden war, erschien jedoch schon im Jahre 1861 der Bestand desselben nicht mehr gewiss, weil sich inzwischen die Hochwassergrenze um etwa 40^{m} demselben genähert hatte und eine Unterspülung zu befürchten war, siehe Fig. 5. Die Grenze des Niedrigwassers hatte sich sogar um circa 70^{m} nach dem Strande hin verschoben. Im Jahre 1863 war jedoch in Folge der Buhnen die Strandhöhe fast wieder auf das im Jahr 1858 vorhanden gewesene Maass gewachsen; es hatte sich auch die Tiefe des nordwestlich die Insel umströmenden Seegatts nicht weiter genähert.

Die in neuerer Zeit auf den ostfriesischen Inseln erbauten Buhnen sind nach und nach etwas schwächer genommen bis zu dem kleinsten für die Hülfsbuhnen auf Borkum angewandten Maasse von 2^{m} an der Wurzel, 3^{m} in der Mitte und 4^{m} am Kopfe, wovon Fig. 12^{a} einen Schnitt in der halben Länge darstellt. Die mittleren Quader sind 30^{cm} dick und liegen auf 16^{cm} Steinbrocken, während die seitlichen etwas tiefer liegenden Quader 46^{cm} dick sind und direkt auf der das ganze Werk tragenden 40^{cm} dicken Buschlage ruhen. Diese Buschlage sowie die Quader sind an dem halbkreisförmig abgerundeten Kopfe noch etwas stärker genommen. Diese Buhnen sowie auch die breiteren Hauptbuhnen schliessen sich an das in Fig. 4 dargestellte Dünenwerk derartig mit ihrer Wurzel an, dass auf dem Fusse des Dünenschutzwerkes statt der Quader ein der Buhnenhöhe entsprechender Körper aus Klinkermauerwerk ruht. Die in Fig. 4 gezeichnete Linie des Strandes giebt etwa auch die Höhe des Buhnenanschlusses. Trotz der wesentlichen Einschränkung aller Maasse kostet eine etwa 190^{m} lange Hülfsbuhne doch 22000 Mark.

Da sich die erheblichsten Beschädigungen dieser Buhnen am Kopfe befinden, während die mittleren Theile fast gar nicht und die höheren Wurzelenden nur bei starken Sturmfluthen beschädigt werden, so könnte es wohl in Frage kommen, die Köpfe sehr breit und flach zu bauen und übrigens in der Mitte am meisten zu sparen. Trotz dieser Buhnen wird durch starken Sturm fast stets der Strand erniedrigt; bei gewöhnlichen Verhältnissen nimmt jedoch die Höhe dann sehr rasch wieder zu, so dass die Niedrigwasserlinie nicht landwärts fortschreitet und ausserdem sich der für die Erhaltung der Dünen erforderliche Flugsand bildet. Es ist jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, dass die Erhaltung der ostfriesischen Inseln von der rechtzeitigen Erbauung derartiger Strandbuhnen und etwaiger Dünenschutzwerke sowie von einer rationellen Dünencultur abhängt.

Endlich sei hier noch die in Fig. 11 dargestellte Construction der in Holland mehrfach vor stark gefährdeten Küstenpunkten ausgeführten molenartigen Buhnen erwähnt. Wo nicht bei hohen Fluthen noch eine starke Strömung vorhanden und diese etwa von der Küste oder von einem Fahrwasser abgehalten werden soll, haben solche theure und wenig haltbare Constructionen keinen Werth.

§ 7. Dünencultur. Es ist im § 2 die Entstehung der Dünen kurz besprochen und im § 5 der Schutz der Dünen gegen den Angriff der Wellen durch parallele Uferbauten oder Dünenschutzwerke beschrieben. Bei der grossen Bedeutung mancher Dünenketten ist es aber durchaus erforderlich, die specielleren Eigenschaften der Dünen und die Mittel kennen zu lernen, welche den Bestand und die Neubildung derselben fördern. Dabei muss zunächst beachtet werden, dass bei den Dünen durchaus nicht allein der Angriff des Wassers, sondern in reichlich so hohem Maasse oft der des Windes zu bekämpfen ist. Wie der Wind die hauptsächlichste Ursache zur Bildung der Dünen, so ist er auch die gewöhnlichste Veranlassung zu ihrer Zerstörung. Dabei kommt freilich als ausschlaggebendes Moment in Betracht, ob von dem Strande mit dem seewärts kommenden Winde frischer Sand der Düne zuweht oder nicht. So lange ersteres stattfindet wird die Düne nicht allein direkt in ihrer Masse ver-

mehrt, sondern es wachsen durch die Zufuhr frischen Sandes die wichtigsten Dünenpflanzen um so lebhafter, wodurch dann ein vollkommeneres Auffangen des Sandes und eine widerstandsfähigere Oberfläche entsteht. Giebt aber der Strand keinen Sand mehr, so verkümmert nicht allein der Pflanzenwuchs, sondern es treibt jeder starke Wind mehr und mehr den losen Sand landwärts und leitet dadurch auf der auch den Hochfluthen ausgesetzten seeseitigen Böschung die Zerstörung ein. Es sterben die vom Sande entblössten Pflanzen ab, bis endlich die Böschung kahl und dabei völlig widerstandslos gegen heftige Winde geworden ist. Trotz der eigenen Schwere werden die Sandkörnchen durch die sich an der Böschung verstärkende Luftströmung des von der See kommenden Windes bis über die höchste Krone der Düne geschoben, von wo alsdann meistens ein förmliches Weiterfliegen stattfindet. Bekanntlich kommt das einzelne Sandkörnchen wie jeder geschleuderte Körper erst dann zur Ruhe, wenn die Widerstände die bewegende Kraft übertreffen. Wo aber die Körnchen bei dem ersten Niederfallen nur einen glatten kahlen Boden finden, werden sie durch den Rückstoss desselben wieder etwas gehoben und fliegen, anfangs vermöge der ihnen noch innewohnenden Horizontalbewegung, sodann aber beschleunigt durch den wieder auf sie wirkenden Winddruck aufs Neue eine Strecke bis sie vermöge ihrer Schwere den Boden wieder berühren d. h. sie ricochetiren. Die einzelnen erst allmählich wachsenden Sprünge besitzen, dabei schliesslich in horizontaler Richtung oft 20^m Weite. Eine seeseitig kahle Düne erscheint bei starkem Sturme wie in dichten Nebel gehüllt, indem vom Strande bis zur Krone die ganze Böschung fortwährend in der ganzen Oberfläche in Bewegung gesetzt ist und der Sand zum Theil weit landwärts fliegt, zum Theil nur über der Krone eben hinweg auf der landseitigen geschützten Böschung sich wieder ablagert. Es verschiebt sich bei wiederholten Stürmen auf diese Weise die ganze Düne landwärts oder sie *wandert*.

Diese Wanderung einer ganzen Düne beträgt im Laufe eines Jahres oft über 5^m, und erzeugt zunächst für die Dünen selbst, sodann für das Hinterland sowie für den Strand die grössten Nachtheile. Denn es bleibt die Düne nicht allein an ihrer Seeseite kahl, sondern der zu massenhaft übergewehte Sand erstickt auch an der Landseite die Vegetation der Böschung oder der hinterliegenden Dünenplateaus. Liegt die betreffende Dünenkette hart an fruchtbarem Lande, so wird dies bald völlig der Cultur entzogen, während auch das entferntere durch den Sandflug in seiner Fruchtbarkeit wenigstens geschwächt wird. So sind z. B. vor etwa 50 Jahren die auf der Insel Borkum, Fig. 1, Taf. XLVII, nordwestlich von dem Dorf belegenen Flächen, wo jetzt Dünen sich befinden, fruchtbare Wiesen oder Aecker gewesen, wogegen die jetzige Strandfläche noch mit hohen Dünen bedeckt war. In ähnlicher Weise sind an der Ostseeküste nach und nach Wälder und selbst Dörfer von den Dünen verschüttet. Es treibt also in der Regel der Wind die Düne vom Strande zurück und gestattet wiederum den Hochfluthen einen um so heftigeren Angriff auf den Strand und den Dünenfuss.

Nach diesen Betrachtungen erscheint es gewiss als die erste und wichtigste Aufgabe der Dünencultur, die Dünen seeseitig grün zu erhalten, und hat sich zur Erreichung dieses Zweckes die Bildung von *Vordünen* vor alten, zu hohen und absterbenden Dünen als das beste Mittel bewährt, welches jedoch nur alsdann anwendbar bleibt, wenn der Strand überall noch die nöthige Breite besitzt oder etwa durch künstliche Mittel wieder erhalten kann um die zur Bildung einer Vordüne erforderliche Menge Sand herzugeben. Sobald dieses aussichtslos erscheint, tritt die Nothwendigkeit heran, die Dünen direkt durch ein Schutzwerk zu sichern um sie wenigstens in einer mässigen Höhe zu erhalten und etwa hinter der ersten Kette die Neubildung höherer Dünen zu begünstigen.

Es würde nun zu weit führen, die einzelnen Fälle der Dünencultur ausführlicher zu besprechen. Es ergiebt sich jedoch aus einer Betrachtung der vorzüglichsten

Erscheinungen und Hülfsmittel sowie aus der unentbehrlichen eigenen Beobachtung der localen Umstände und Verhältnisse bald die nöthige Sicherheit, die geeignetsten Maassregeln u. A. auch für die Herstellung einer Vordüne zu treffen.

Für die Auffangung des Sandes ist das wichtigste Gesetz, dass der durch Wind herangetriebene Sand nicht nahe vor einer dichten Wand, wohl aber einer durchbrochenen Wand z. B. einer lockeren Hecke oder einer Strauchwand liegen bleibt. Es stimmt diese Erscheinung völlig mit der bekannteren der Schneewehen überein. In der Nähe der dichten Wand, z. B. einer Mauer, nimmt die gegen sie gerichtete Luftströmung durch horizontale und verticale Ablenkung eine grössere Geschwindigkeit an und reisst die etwa vorübergehend niedergefallenen Körnchen mit sich fort. Die durchbrochene Wand dagegen mässigt auch unmittelbar vor sich die Windgeschwindigkeit und bringt dadurch die fliegenden Körnchen theilweise zum Niederfallen und zur Ablagerung. Will man also Sand fangen, so kann dies nur durch lockere Strauchwände, einzeln gestellte Stroh- oder Pflanzenbüschel geschehen. Wollte und könnte man solche Hindernisse hoch machen, so würde allerdings wieder eine merkliche Verstärkung der Luftströmung eintreten, ausserdem aber würden solche schwache Gegenstände zu leicht selbst zerstört. Man begnügt sich daher mit etwa 1^{m} hohen Strauchzäunen und etwa $0^{m},3$ bis $0^{m},5$ hoch vortretenden Strohbüscheln und stellt, sobald dieselben versandet sind, neue darüber. Je nach der Windrichtung, mit welcher der fliegende Sand besonders zu erwarten ist, stellt man die aus einfachen etwa $1^{m},5$ langen Zweigen bestehenden Strauchzäune parallel oder schräg zum Ufer, dabei vortheilhaft in mehrere etwa 5^{m} entfernte Linien hintereinander. Das Strauchwerk, dessen unteres Drittel eingegraben wird, muss möglichst locker und biegsam sein, und bedarf unter Umständen der Unterstützung durch ein leichtes, wieder zu beseitigendes Lattenwerk an der Rückseite. Wo es an Strauch fehlt und zeitweilig an Arbeitskräften nicht mangelt, kann man durch Strohbüschel eine mindestens gleich rasche Aufhöhung erzielen. Die etwa $0^{m},6$ bis $0^{m},8$ langen und etwa 5^{cm} dicken Strohbüschel werden nahe bis zur Hälfte in den Sand gesteckt, wobei sie oben lose nach allen Richtungen auseinanderfallen. Man setzt sie in regelmässigen Reihen und Abständen von etwa $0^{m},5$ bis $0^{m},7$, dabei so dass die Büschel der benachbarten Reihen genau im Versatz stehen. Wenn der Wind von einer grossen Strandfläche den Sand gegen die Dünen weht, so werden die Strohbüschel zuweilen in einem Tage, die Strauchzäune in einer Woche völlig eingesandet, so dass man zur Anbringung der neuen Schicht schreiten kann. Begreiflicherweise dauert das günstige Fliegen des Sandes selten mehr als einige Tage und erfordert daher die Büschelpflanzung eine sehr sorgfältige Ueberwachung, um die günstige Zeit auch auszunutzen. Denn es ist nicht ausgeschlossen, dass die kaum erfolgte Aufhöhung durch ungünstige Winde wieder erniedrigt wird. An der Nordsee hat sich ferner gezeigt, dass der Sand um so leichter vom Strande auffliegt, wenn vorher Regen gefallen ist. Es lässt sich dies nur durch ein leichtes Auswaschen der immer etwas klebenden Salztheile erklären. An der Ostsee, wo der Salzgehalt etwa um die Hälfte schwächer ist, findet diese Erscheinung nicht statt.

Wollte man nun lediglich mit Hülfe der todten Strauchzäune und Strohbüschel eine hohe Düne erzeugen, so würde die Gefahr entstehen, dass dieselbe nicht leicht bewüchse und doch bald wieder durch Wind oder Wellen zerstört würde. Es ist desshalb durchaus nothwendig, eine solche künstliche Dünenbildung sobald als möglich mit geeigneter Vegetation zu bedecken.

Die Zahl der auf den Dünen, namentlich an den dem Winde ausgesetzten Stellen, gedeihenden Pflanzen ist sehr gering, desto wichtiger sind aber die Arten. Die vorzüglichste ist der sog. Sand- oder Strandhafer *(arundo arenaria)*, auch Sandrohr, in Holland und Ostfriesland Halm (Helm) genannt. Er wächst in dichten Büscheln mit etwa $0^m,5$ bis $0^m,6$ langen, höchstens 5^{mm} breiten, harten und sehr spitzen, dunkelgrünen Blättern oder richtiger Halmen und einer etwa gegen Ende August reifen, roggenähnlichen Aehre. Seine werthvollsten Eigenschaften sind, dass er um so lebhafter wächst, je mehr frischer Sand zuweht, bis zur völligen Uebersandung, dass er dabei nach unten hin nicht bald abstirbt, auf den höchsten Dünen noch gedeiht und vom Vieh nicht gefressen wird mit Ausnahme der jungen Halme. Er wächst jedoch nicht auf thonigem Boden und treibt keine Seitensprossen aus seiner Wurzel. Ihn ergänzt gewissermaassen der Strand- oder Sandweizen *(elymus arenarius)*, welcher fast überall da gedeiht, wo der Strandhafer nicht gut fortkommt, besonders in thonigem und feuchtem Boden, wobei er Seitentriebe bildet. Er leidet aber vom Sandfluge, wächst selten auf höheren Dünen und wird vom Vieh gern gefressen. Er eignet sich besonders gut für den Fuss der Dünen. Seine bläulich grünen und weicheren Blatthalme werden bis 2^{cm} breit, die Aehre ist rispenförmig wie bei gewöhnlichem Hafer.

Beide Arten lassen sich an geschützten Stellen durch Besamung ziehen, für gewöhnlich werden sie im Frühjahr und Spätherbst durch nahe und regelmässig, dabei etwa $0^m,3$ tief eingegrabene Setzlinge aus jungen Schüssen angepflanzt.

Nur für die Dünenthäler sind eine grössere Zahl anderer Gewächse von Bedeutung, z. B. das sehr rasch wuchernde Sandriedgras (*carex arenaria*), ferner mehrere Weidenarten, die sämmtlich eine dichte Buschdecke erzeugen, endlich die Eller (*alnus glutinosa*) und die Strandkiefer (*pinus maritima*). Dabei ist es eine eigenthümliche Erscheinung, dass an der Ostsee diese Bäume leicht gedeihen und dass hinter den Dünen oder auf Hochufern zahlreiche andere Waldbäume gut fortkommen, während auf den Nordseeinseln alle Bäume, selbst die in der Nähe der Häuser stehenden, nur zu krüppelhaftem Wuchse gelangen. Es ist dies den häufigeren und heftigeren Stürmen, sowie den dabei mit fortgerissenen salzigeren Seewassertheilchen zuzuschreiben.

Während noch vor etwa 20 Jahren die planmässige Unterhaltung der Dünen eine Ausnahme war, so ist jetzt endlich eine solche die Regel geworden. Man hat entsprechend der zahlreichen Anlegung von Dünenschutzwerken und Strandbuhnen fast überall wo es anging Vordünen zu bilden gesucht und in vielen Fällen mit bestem Erfolge.

Ausserdem überlässt man selbst grössere Dünencomplexe oder die hinter der ersten Kette liegenden Dünen nicht mehr ganz dem Zufall, sondern verhindert durch rechtzeitige Strauchzäunung oder besser durch Bepflanzung mit lebendigen Helmbüscheln die Bildung sog. Windtrichter, d. h. einzelner kahler Stellen, in denen die einmal eingetretene Vertiefung bald durch das Wirbeln des Windes vergrössert wird, bis die Wände der sie umgebenden Höhen, selbst wenn diese bewachsen sind, einstürzen und die Verwehung einer ganzen Hinterdüne erfolgt. Es hat aber oft unvermuthet rasch die hintere Dünenreihe an die Stelle der vorderen zu treten und es hätte in manchem Falle bei rechtzeitiger Pflege der ersteren eine schliesslich nur mit einem Dünenschutzwerk zu erhaltende Strecke allein durch eine kräftige Hinterdüne gedeckt bleiben können.

Dass polizeiliche Maassregeln, z. B. Verbot gegen Weiden des Viehs, gegen das fast unglaublich scheinende Abmähen der Dünengräser, welches namentlich auf den schleswigschen Inseln zum grössten Schaden derselben betrieben wurde, um daraus Streu zu gewinnen u. s. w. die technischen Mittel zu unterstützen haben, scheint fast selbstverständlich. Manche Maassregel z. B. die fast vollendete

Ausrottung der früher auf einigen ostfriesischen Inseln, insbesondere Langeoog, zu Tausenden lebenden wilden Kaninchen wird von langjährigen Beobachtern der Dünen als überflüssig bezeichnet.

Weit schwieriger und oft wichtiger noch als die Bildung einer Vordüne ist die Bildung einer Düne da, wo zu beiden Seiten Wasser ist, und zeitweilig eine Ueberströmung der betreffenden Strandfläche erfolgen kann. Es ist dabei zum sicheren Gelingen, was übrigens nicht unbedingt verheissen werden kann, jedenfalls eine ununterbrochene kundige Aufsicht und die rascheste Förderung der Arbeit bei guter Jahreszeit nöthig.

Als ein sehr interessantes Beispiel kann hierfür die in den Jahren 1863 bis 1865 erfolgte Schliessung des Borkumer Intervalls dienen, siehe Fig. 1, Taf. XLVII. Die Insel Borkum war freilich seit einigen Menschenaltern ohne Nachtheil und Gefahr in ihren zwei Hälften, dem Ost- und Westland, nur noch durch eine dünenlose Strandfläche von etwa 470^m Länge verbunden gewesen. Diese Fläche hatte aber lange Zeit noch eine die gewöhnlichen höheren Fluthen abhaltende Höhe. In den letzten Jahrzehnten jedoch waren mehrere höhere Fluthen hindurchgegangen und hatten in Folge der dabei eintretenden starken Strömung nicht allein die ganze Strandfläche wesentlich erniedrigt, sondern sogar von der südlichen, früher im Schutze derselben auf etwa ordinärer Fluth belegenen Marschfläche die ganze Klaischicht abgeschwemmt und in ihr zahlreiche Einrisse gebildet. Man konnte, nachdem endlich die Strandhöhe bis auf ordinäre Fluth abgenommen hatte, bei jeder Sturmfluth den wahrscheinlich unheilbaren Durchriss der ganzen Insel erwarten. — Es möge nebenbei erwähnt werden, dass Borkum von der sog. Oster- und Wester-Ems umflossen wird und dass der Durchriss sich wahrscheinlich zu einem dritten Arme ausgebildet haben würde. — Da sich die Inselgemeinde sowie die ostfriesische Provinzial-Landschaft zu gleichgültig bei dieser ihnen beiden nahenden Gefahr erwiesen, so blieb endlich der hannoverschen Regierung nur übrig auf Staatskosten die Coupirung auszuführen. Trotz eines im Winter 1864 erfolgenden Durchrisses der bereits auf etwa 3^m über ordinärer Fluth gebrachten Anhöhung und eines tiefen Kolkes an der Bruchstelle gelang es gegen das Jahr 1865 den Damm bis auf reichlich 4^m über ordinärer Fluth mit kräftiger meist 10maliger Aussenböschung zu bringen. Durch spätere Nachpflanzung ist er auf 5 bis 6^m über Null zu einer absolut sicheren Düne herangewachsen. Die ursprüngliche Aufhöhung ist fast lediglich, mit geringer zeitweiliger Nachhülfe durch theueres Ankarren des Sandes, mittelst Strohbüscheln und in grösserer Höhe mit Sandhaferbüscheln bewirkt. Es hat dabei 1 kb^m Sand zu gewinnen noch nicht voll 10 Pf. gekostet.

§ 8. Beförderung der Marschbildung. Im § 2 ist der natürlichen Entstehung der Marschen, als eines wichtigen Elementes der wasserbaulichen Vorkenntnisse, etwas ausführlicher gedacht. Die künstliche Beförderung tritt in ihrer allgemeinen Bedeutung weit dagegen zurück. Sie pflegt dabei in der Regel eine Angelegenheit der Communen oder Privaten zu sein, so dass nur selten dem Ingenieur Gelegenheit zur Einwirkung dabei gegeben ist. Nichts destoweniger ist sie im höchsten Grade für den speciell sich dem Seebau widmenden Baumeister interessant und in einzelnen Fällen, z. B. in der Nähe von Häfen, von grosser Bedeutung.

Das nächste Ziel der fraglichen Arbeiten ist, möglichst allen bei Fluth sich über eine gewisse Fläche mit dem Wasser verbreitenden Schlick zur Ablagerung zu bringen und vor dem Forttreiben bei Ebbe zu schützen. Es werden dazu auf dem Schlickwatt, so bald es betretbar ist, Gräben und niedrige Dämme systematisch so angelegt, (siehe Fig. 10, Taf. XLVII), dass das Fluthwasser zwar möglichst ungehindert in alle Gräben eintreten und die dazwischen liegenden Flächen überschwemmen kann, dort aber eine Zeit lang vor und nach dem Hochwasser fast stille stehen muss, sodass der Schlick sich senkt. Der letzte Rest des Ebbewassers, welcher also den meisten Schlick enthält, wird dagegen am Abflusse so verzögert, dass die nächste Fluth eher eintritt, als jenes wieder in das offene Wasser zurückgeflossen ist. Auf diese Weise wird also bei jeder Tide mit Ausnahme von Sturmfluthen, welche einen Theil des frisch gelagerten Schlicks aufwühlen, ein gewisses Quantum Schlick auf der Oberfläche des Watts besonders in den Grüppen und Gräben zurückbehalten. Um

die Wirkung derselben aber zu erhalten, müssen sie von Zeit zu Zeit neu ausgehoben werden, was allerdings der grossen Kosten wegen in der Regel nur einmal im Jahre geschieht. Mit dem Auswurf werden aber in nutzbringender Weise zunächst die Dämme und ausserdem die einzelnen Beete möglichst gleichmässig erhöht.

Man rechnet an den nördlichen Wattflächen Ostfrieslands, wo grosse Domanialgüter liegen und die Aufhöhung sehr systematisch betrieben wird, dass von der halben Fluthhöhe an jährlich etwa 25 bis 50^{mm} Höhe gewonnen und nach 25 Jahren die etwa um $1^{m},5$ grössere volle Fluthhöhe erreicht wird, dass aber danach noch etwa 25 Jahre vergehen bis das Vorland $0^{m},5$ über ordinärer Fluth liegt und zur Einpolderung reif ist. Ohne die künstliche Beförderung würde bei gleich günstiger Lage die gleiche Aufhöhung etwa in der doppelten Zeit, also in einem Jahrhundert erfolgen. Die Vegetation tritt von selbst und in derselben Weise wie bei der natürlichen Marschbildung in bestimmter Reihenfolge ein.

In Holland werden statt der erwähnten Erddämme, welche das Begehen sehr erleichtern, vielfach Flechtzäune und Faschinendämme angewandt; doch kann hierbei vorzüglich nur der Kostenpunkt entscheiden.

§ 9. Stromcorrection im Fluthgebiete der Flüsse. Allgemeine Betrachtungen. Wenn schon die wissenschaftliche Behandlung der Stromcorrection für obere Flusstrecken als ein verhältnissmässig sehr neuer Zweig der Wasserbaukunst gelten kann, so ist dies in viel höherem Grade der Fall mit der Stromcorrection im Fluthgebiete. In den oberen Flusstrecken lagen einerseits die üblen Folgen der Verwilderung für die Bewohnbarkeit der Flussthäler, sowie für den Betrieb der sehr alten Flusschiffahrt mehr vor Augen und waren andererseits die Mittel zur Abhülfe sicherer und näher zur Hand.

Es sind desshalb Versuche, die oberen Flussläufe zu corrigiren schon seit Jahrhunderten gemacht und nach und nach durch praktische Erfahrungen, insbesondere aber durch die Hülfe der hydraulischen Lehren zu einem bekannteren Zweige der Hydrotechnik ausgebildet.

Erst in neuerer Zeit wird auch das Bedürfniss empfunden die unteren Strecken solcher Flüsse, welche der Meeresfluth ausgesetzt sind und alsdann Aestuarien genannt werden, zu corrigiren, um das Binnenland und die Seeschiffahrt in engere Beziehung zu bringen.

Die Nothwendigkeit, die Seehäfen möglichst weit landeinwärts zu verlegen, wächst naturgemäss mit dem rasch zunehmenden allgemeinen Umfange des Handels, namentlich aber auch mit der zwischen den einzelnen Handelsplätzen sehr gesteigerten Concurrenz, welche in neuerer Zeit vermöge liberalerer politischer Anschauungen eine fast absolut freie geworden ist.

Wenn in früherer Zeit ein Hafen da, wo die Flusschiffahrt und die Seeschiffahrt ihre derzeitige natürliche Grenze und Berührung fanden, fast unbedingt günstig lag, so liegt heute von den so entstandenen Häfen der eine für die weit grösseren aber auch gebrechlicher gebauten Flusschiffe zu weit seewärts, ein anderer dagegen ist für die den jetzigen Anforderungen des Seehandels entsprechend gebauten Seeschiffe nicht mehr zugänglich. Es entsteht in beiden Fällen das Verlangen den Fluss weiter hinauf für grössere Seeschiffe zu vertiefen, um entweder einen neuen Seehafen anzulegen oder den alten lebensfähig zu erhalten.

Bei Flüssen ohne Fluthwirkung ist nun solches nur in ganz seltenen Fällen

möglich, wie z. B. bei der Oder.[5]) Die seit etwa zwei Jahrzehnten mit Geschick und Erfolg betriebene Vertiefung bis Stettin beruht aber in ihrem unteren und wesentlichsten Theile auf der Benutzung der fluthähnlichen Strömung zwischen dem Haff und der Ostsee, welche durch die Schwankungen des Ostseewassers in Folge wechselnder Winde erzeugt wird. Vergl. Cap. XIV, § 19 und Cap. XVII, § 18. Durch diese Strömung wird mit Leichtigkeit für die den unteren Hauptarm der Oder bildende Swine eine Fahrtiefe von 7^m und darüber erhalten, während in dem Haff und den oberhalb befindlichen Armen der Oder bis Stettin der Umstand, dass die von oben kommenden Sinkstoffe zum grössten Theil sich vorher in seeartigen Verbreiterungen niederschlagen, es blossen Baggerungen ermöglicht, eine Tiefe von 6^m herzustellen und zu erhalten.

Abgesehen von diesem fast vereinzelt stehenden Beispiele eines kleineren Flusses und von anderen nur durch die Grösse des Flusses zu erklärenden Beispielen, wobei Seehäfen am Flusse weit landeinwärts liegen, kann nur die rastlos wirkende Fluth und Ebbeströmung das Mittel gewähren, um auch an verhältnissmässig kleinen Flüssen Seehäfen zu gewinnen.

Wo Fluth und Ebbe wirksam, pflegt auch bei kleinen Flüssen die Mündung trichterartig erweitert und im Vergleich zu den Tiefen des oberen Flusses bis zu gewissen Stellen übermässig tief zu sein. Die Aufgabe für den Hydrotekten ist dann, zu untersuchen, bis zu welchem Punkte, oder in welchem Grade für einen gegebenen Punkt, eine den Anforderungen der Seeschiffahrt entsprechende Vertiefung geschaffen werden kann, und sodann diese Vertiefung vorzüglich durch Benutzung des von der Natur gebotenen Mittels der Strömung unter Anwendung von Regulirungswerken, im Nothfall unter Zuhülfenahme von vorübergehenden oder dauernden Baggerungen auszuführen.

Solche Aenderungen eines Flusses, wobei es sich wohl meistens bei etwa 50 bis 100^{Km} Länge und für mindestens 100^m Breite um 1 bis einige Meter Vertiefung handelt und durch welche dem Flusse eine solche Stromkraft gegeben werden soll, dass dadurch die Bildung neuer Untiefen verhindert wird, können augenscheinlich nur mit sehr grossen und rasch zu verwendenden Geldmitteln durchgeführt werden. Es wird sich wohl in den meisten Fällen, wenn ein grösserer verwilderter Strom auf grössere Länge corrigirt werden soll, um die Verwendung von mehreren Millionen handeln.

Diesen Opfern gegenüber erscheint der Gewinn für den Handel aber meistens sehr lohnend. Es ist eine in England bekannte Thatsache, dass sich in kurzer Zeit blühende Städte ersten Ranges entwickelt haben, wo solche Correctionen ausgeführt sind. Das hervorragendste Beispiel ist Glasgow am Clyde-Flusse, welches durch dessen Correction in kaum 50 Jahren von einer kleinen Stadt von 35 000 Einwohnern zu einer Handelsmetropole von fast 600 000 Einwohnern umgeschaffen ist.

Der Gewinn für den Handel liegt zunächst nämlich darin, dass Seeschiffe mit voller Ladung ohne weitere Kosten mit Hülfe des Fluthstromes sicher und schnell, meistens in einer Tide vom offenen Meere bis zum Hafen treiben, dass also durch dieses Hineindringen eines grösseren Seeschiffes in das Binnenland vergleichsweise die Fracht von einigen Hundert Eisenbahnwagen auf etwa 100^{Km} Entfernung gespart wird. Bei den jetzigen durchschnittlichen Eisenbahn-Frachtsätzen für werthvollere

[5]) Siehe Herr, Der Oderstrom u. s. w. Zeitschr. f. Bauw. XIV. Band.

Güter würden jährlich 1000 Schiffe von im Durchschnitt 500 Tonnen Ladung (die Leistung eines mittelgrossen Hafens) bei nur einmaliger Fahrt mit voller Ladung für eine Flusstrecke von 50^{Km} vergleichsweise einen Gewinn von 2 ½ Millionen Mark, bei voller Hin- und Rückfracht oder doppelter Fahrt, also von 5 Millionen Mark einbringen.

Begreiflicherweise darf der so berechnete Gewinn nur als ein Brutto-Gewinn und ausserdem als keineswegs lediglich dem betreffenden Handelsplatze zu Gute kommend angesehen werden. In letzterer Beziehung muss namentlich das zunächst auf den betreffenden Seehafen angewiesene Hinterland als direkt interessirt gelten und zwar je nach den Umständen mehr für den Import oder den Export. Dass aber bei der freilich höchst unsicheren Vorherbestimmung der durch die Correction auf dem neuen Wasserwege zu schaffenden Güterbewegung nicht einfach die seitherige, auf unvollkommeneren oder kostspieligeren Wegen geschehene Bewegung zu Grunde gelegt werden darf, wird auch dem nicht kaufmännischen Untersucher der Frage ohne Weiteres klar sein. Es darf z. B. für Deutschland als eine ausgemachte Thatsache gelten, dass deutsche Kohlen, Guss- und Schmiedeeisen u. s. w. desshalb so schwer mit den bezüglichen englischen Produkten nach Aussen concurriren können, weil für sie der Weg vom Produktionsort bis zum Seehafen verhältnissmässig zu weit ist. Ebenso bekannt ist ferner, dass bei einem Seehafen der Export und Import schon allein durch die vollkommenere Ausnutzung und die dadurch verminderten Frachtsätze der Seeschiffe sich gegenseitig fördern.

Die tiefer in das Binnenland hinein geführte Seeschiffahrt wird also unzweifelhaft nach allen Richtungen hin den Handel und die Industrie lohnender machen und dadurch im Umfange steigern.

Wo der Handel schon lange Zeit als wesentlicher Factor des Wohlstandes gilt und die Concurrenz unter den einzelnen Plätzen sehr lebhaft ist, wie z. B. in England, hat man die Bedeutung der Fluthcorrectionen am frühesten erfasst und demgemäss auch grosse Ausgaben nicht gescheut. So sind daselbst in wenig Decennien fast alle Flüsse, soweit es die Natur gestattet, in ihrem Fluthgebiet zu Strassen für die Seeschiffahrt ausgebildet und es verdankt nach dem Zeugniss englischer Fachmänner das Land nicht zum kleinsten Theile seinen Reichthum diesem Umstande. In Deutschland dagegen ist ausser den bedeutenden Baggerungen, welche Hamburg auf seine Kosten auf der im Fluthgebiete sehr günstig gestalteten Elbe ausgeführt hat, und ausser verhältnissmässig kleinen Correction an der Ems, im Uebrigen für die drei Ströme Elbe, Weser und Ems fast nichts zur Entwickelung der Seeschiffahrt geschehen, ja man hat sogar diese Flüsse in dem Fluthgebiet zum Theil so verbaut, dass die Fluthwirkung dadurch auf das geringste Maass herabgedrückt worden ist.

Denn ausser der richtigen Würdigung einer Hebung der Seeschiffahrt bedurfte es in nicht minderem Grade der technischen Einsicht, um die im Fluthgebiete liegenden Flusstrecken sachgemäss zu behandeln. Ausser vereinzelten und nur mit Rücksicht auf locale Zwecke verfassten Schriften Blohm's[6]) und Hübbe's[7]) ist im Wesentlichen nur die Abhandlung Dalmann's[8]) in Deutschland diesem Gegenstande gewidmet.

[6]) Blohm, Erörterung über die Mittel, durch welche die Schiffahrt auf der Elbe u. s. w. gehoben werden kann. Göttingen.

[7]) Hübbe, Messungen und Beobachtungen u. s. w. von der Elbe. Hamburg. 1853.

[8]) J. Dalmann, Ueber Stromcorrectionen im Fluthgebiet. Hamburg 1856.

Letztere, gestützt auf ausführliche Untersuchung englischer und französischer Stromcorrectionen und hierüber veröffentlichter Berichte, kann indess als die erste wissenschaftliche Aufklärung dieses bis dahin ziemlich dunkelen Gebiets der Wasserbaukunst gelten. Trotz der grösseren Praxis der englischen Ingenieure ist es keinem derselben bis jetzt gelungen, die Dalmann'sche Abhandlung nur annähernd an Klarheit und Gründlichkeit zu erreichen. Die meisten englischen Schriften über Fluthcorrection geben ausser sehr allgemeinen Darstellungen nur eine thatsächliche Beschreibung ausgeführter Arbeiten.

Bei den meisten der an deutschen Flüssen ausgeführten Correctionen sind ganz augenscheinlich für die Fluthgebiete dieselben Regeln angewandt, welche für obere Strecken zweckmässig zu befolgen, für das Fluthgebiet aber geradezu verwerflich sind, insbesondere Einengung durch Buhnen bis zu einem solchen Grade, dass selbst die kleinste zum Abfluss gelangende Wassermenge noch ein fest begrenztes Bett findet, so z. B. in den Elbarmen oberhalb Hamburg und besonders in der Weser zwischen Bremen und Vegesack.

Es kann jetzt, insbesondere seit Dalmann's Schrift, als Grundsatz gelten, dass die meisten Regeln des Strombaues für die oberen Strecken auf das Fluthgebiet wenig oder gar keine Anwendung finden dürfen.

Die Hauptverschiedenheit beider Abtheilungen eines und desselben Flusses liegt nämlich darin, dass für die obere Strecke die Wassermenge, abgesehen von den zeitweiligen Schwankungen, eine fest gegebene Grösse bildet, wogegen die Wassermenge im Fluthgebiete g r o s s oder k l e i n gemacht werden kann, dass ferner dort das Wasser mit Nothwendigkeit stets bergab fliesst, während es hier bei der Fluth und zum Theil auch bei der Ebbe der wellenartigen S c h w i n g u n g gehorcht, welche von dem Meere aus in regelmässigen Zeitintervallen vorgeschrieben wird.

In den oberen Strecken äussern technische Fehler in der Behandlung des Flusses nur einen localen, bald verschwindenden Einfluss. Im Fluthgebiete dagegen wird die auch nur an einem Punkte verursachte Abschwächung der Fluthwelle derselben einen Theil ihrer lebendigen Kraft rauben, und dieser unersetzliche Verlust wirkt zunächst ungünstig für die ganze obere Strecke des Fluthgebietes und demnächst sogar zurück auf die untere bis zum Meere. Es ist daher schon ohne weiteren Nachweis klar, dass fortgesetzte Hindernisse die Entwickelung der Fluth in einer Flussstrecke völlig ertödten können, in welcher nach Beseitigung jener eine lebhafte Fluth stattfinden würde.

Die allgemeinsten Anforderungen für sichere Projectirung der Fluthcorrection sind genaue Kenntniss aller Fluthersscheinungen im Einzelnen und im Zusammenhange sowie des thatsächlichen Zustandes des Flusses in allen Stücken. Für die Ausführung ist daneben noch die sorgfältigste Constatirung aller im Laufe derselben entstehenden Aenderungen die sicherste Stütze.

D e r o b e r s t e G r u n d s a t z d e r C o r r e c t i o n a b e r i s t, d i e l e b e n d i g e K r a f t d e r F l u t h w e l l e u n d d a m i t d i e e i n- u n d a u s s t r ö m e n d e W a s s e r m e n g e o d e r d a s h y d r a u l i s c h e V e r m ö g e n a n j e d e m P u n k t e u n d i n j e d e m A u g e n b l i c k e m ö g l i c h s t g r o s s z u e r h a l t e n.

§ 10. Das Verhalten der Fluthwelle im Flusse. Die Fluthwelle im Flusse kann zunächst als ein Theil derjenigen Meeresfluthwelle angesehen werden, welche vor der Mündung in regelmässigen Perioden auftritt. Sie wiederholt sich also in denselben Zeitabschnitten wie die Meeresfluthwelle d. h. in etwa 12 Stunden 25 Minuten. Das Fluthgebiet des Flusses ist dabei vorläufig als eine lang gestreckte Meeres-

bucht zu betrachten, welche sich in der Regel landeinwärts sowohl verengt als auch verflacht. (Siehe Taf. XLV und Taf. XLVIII.) Von der Grundrissform und Tiefe der Mündung sowohl als auch der dahinter liegenden Flusstrecke wird es sodann abhängen, ob die Meereswelle möglichst ungeschwächt, namentlich mit annähernd gleicher Fortschrittsgeschwindigkeit als sie im offenen Meere besass, eintritt oder ob sie sofort nach ihrem Eintreten in die Mündung in Folge der ihrem Fortschreiten sich entgegenstellenden Hindernisse in ihrem Schwunge erlahmt.

In jedem Falle aber läuft sie soweit, bis ihre lebendige Kraft endlich völlig erschöpft ist, d. h. bis die Wasserfläche durch die Fluth gar nicht mehr alterirt wird. Dies ist die Grenze des Fluthgebiets oder die Fluthgrenze. Unbedingt nimmt von der Mündung bis zu dieser Grenze die lebendige Kraft fortwährend ab, wenngleich, wie weiter unten ausführlicher besprochen wird, die Höhe der Fluth an den verschiedenen Punkten des Fluthgebiets abwechselnd zu- oder abnehmen kann.

Der Scheitel der Fluthwelle oder das Hochwassser trennt wie im Meere den vorderen Abhang des Wasserspiegels oder die Fluth von dem hinteren Abhange, der Ebbe, welche mit ihrem tiefsten Punkt, dem Niedrigwasser, wieder die Fluth der nachfolgenden Welle berührt. Während aber im weit offenen Meere auf beiden Abhängen kaum eine Strömung merkbar ist und diese in engen Meeresarmen (vergl. Cap. XIV, § 14) bei sich durchkreuzenden Fluthwellen u. s. w. oft dem Scheitel der Welle entgegenläuft, pflegt mit grösster Regelmässigkeit im Fluthgebiet der Flüsse der Fluthstrom auf dem Fluthabhange, der Ebbestrom auf dem Ebbeabhange bemerkbar zu sein. Es greift jedoch fast stets, wie aus den Fluthcurven in Fig. 13, Taf. XLVIII zu ersehen, der Fluthstrom über dem Hochwasserscheitel etwas in die Ebbe, und umgekehrt der Ebbestrom über dem Niedrigwasserstand etwas in die folgende Fluth hinüber, weil sich mit dem Erreichen des höchsten und niedrigsten Standes nicht auch schon die lebendige Kraft der bewegten Wassermasse erschöpft hat.

Es hört ferner überall im obersten Theile des Fluthgebietes der Fluthstrom früher auf als die Erhebung des Wasserspiegels, oder mit anderen Worten die Grenze des Fluthstromes liegt unterhalb der Fluth-Grenze. Es kommt nämlich hier zunächst die Einwirkung des eigentlichen Flusswassers oder des Oberwassers in Betracht.

Das Oberwasser wird durch die von unten eindringende Fluthwelle nicht bloss wie durch ein Wehr aufgestaut, sondern förmlich eine Strecke weit zurückgeschoben, freilich nur so lange als die lebendige Kraft der Fluthwelle die des Oberwassers überwiegt. Wo sie sich das Gleichgewicht halten, findet durch das Gegeneinanderströmen eine Erhöhung, also Fluth, statt, jedoch läuft oberhalb dieses Punktes ein allmählich in die constante Oberwasserströmung des Flusses übergehender Ebbestrom, während von unten her die Fluthströmung mehr und mehr fühlbar wird. Die Grenze dieser Strömungen verschiebt sich während jeder Fluth in jedem Augenblicke und zwar über eine grössere Flusstrecke, deren oberster Punkt aber die Grenze des Fluthstromes ist. Diese Strecke ist, wie im Voraus bemerkt werden mag, vorzugsweise der Versandung oder der Barrenbildung ausgesetzt. (Siehe w. u.)

Eine auffallende Erscheinung wird von einigen Beobachtern z. B. Caland[9]), ferner von D. Stevenson behauptet, dass nämlich in der Nähe der Mündung die Fluthströmung in der Tiefe bereits kräftig zu fühlen sein soll, wenn an der Oberfläche die Ebbeströmung noch sichtbar ist. Es soll alsdann das Wasser in der Tiefe weit salziger sein als an der Oberfläche. Diese Erscheinung

[9]) Caland. Untersuchungen über die Wirkung der Ebbe und Fluth in dem maritimen Theil der Flüsse. Allg. Bauz. 1864.

würde beweisen, dass das Süsswasser oder selbst das mit Seewasser gemischte Süsswasser, das sog. Brackwasser, sich schon in der Mündung über das schwerere Seewasser legt, und dabei in Folge der Trägheit seine Bewegung seewärts noch beibehält, während schon von der See her die Fluth wieder beginnt, wenngleich mit Strömung zunächst nur in der Tiefe.

Mit der Geschwindigkeit der Strömungen sowohl bei Fluth als bei Ebbe ist nun durchaus nicht die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle in ihren einzelnen Theilen zu verwechseln. Man kann jedoch, wie sich aus der Berechnung der Wassermenge (siehe § 11) ergiebt, die eine als die Function der anderen ansehen. Letztere Geschwindigkeit pflegt die Stromgeschwindigkeiten erheblich zu übertreffen und zwar um so mehr, je näher die Welle der Mündung oder dem offenen Meere sich befindet; vergl. Fig. 1 und 6 auf Taf. XLVIII, in welchen die mittleren Geschwindigkeiten des Gipfels und Fusspunktes der in die Elbe und Weser tretenden Fluthwellen von Helgoland bis nahe zu den Fluthgrenzen eingeschrieben sind.

Nach Scott Russell's Versuchen (siehe D. Stevenson, Canal and River Engineering S. 158) soll die Fortschrittsgeschwindigkeit der Fluthwelle in einem regelmässigen Canal gleich der Fallgeschwindigkeit eines Körpers sein, welcher die Höhe von der Oberfläche der vollen Fluth bis zum Schwerpunkt des Querprofils durchfallen hat. Es soll demnach ferner die Geschwindigkeit in Canälen von gleichmässiger Tiefe unabhängig von ihrer Breite sein, während sie bei höheren Fluthen grösser sein muss als bei kleineren. Bei Canälen von rechteckigem Querschnitt und der Tiefe $= h$ wäre also die Geschwindigkeit $v = \sqrt{2g\frac{h}{2}}. = \sqrt{gh}$; bei einem dreieckigen Profile $v = \sqrt{2g\frac{h}{3}}$ u. s. w. Dies theoretisch wohl noch unerwiesene Gesetz, welches zu einer Vergleichung mit dem Gesetz der Ausflussgeschwindigkeit bei Oeffnungen in verticaler Wand auffordert, ist offenbar nicht direkt auf Flüsse von stets wechselnden Querschnitten anzuwenden. Wenn man jedoch die Mittelwerthe der Querschnitte sowie die mittleren Fortschrittsgeschwindigkeiten der Wellen für nicht zu unregelmässige Flusstrecken zu Grunde legt, so trifft das genannte Gesetz auch einigermaassen bei gewöhnlichen Flüssen ein. Man gewinnt aber dadurch ein bequemes Mittel um aus der Umformung des Bettes durch Regulirung auf die Beschleunigung der Fluthwelle zu schliessen.

Ganz allgemein bewegt sich in denselben Strecken der Scheitel der Fluthwelle rascher als der Fusspunkt, weil letzterer im seichteren Wasser mehr Verzögerung erleidet als jener. Da dieselbe Ursache nach oben hin, wenn auch nicht gleichmässig aber doch ununterbrochen fortdauert, so wird je weiter die Welle nach oben hin fortschreitet, die Fluthdauer immer kürzer, die Ebbedauer desto länger. Dies Gesetz spricht sich mit grösster Deutlichkeit in den in Fig. 13 und 14 dargestellten Fluthcurven der Elbe und Weser aus. Gewöhnlich wird mit der schliesslich zu Null werdenden Fluthdauer auch die Fluthhöhe zu Null, d. h. die Wasserspiegel des oberen Flusses und des Fluthgebietes fallen wie bei dem Wehrstau unmerklich zusammen. Wenn aber eine kräftige Fluth einem starken Stromgefälle oder einer sehr geringen Wassertiefe begegnet, so kann allmählich eine solche Verzögerung des Fusses der Welle entstehen, dass wohl die Fluthdauer, nicht aber auch die Fluthhöhe zu Null wird, d. h. dass der Scheitel den Fuss erreicht und gleich darauf die Welle sich überstürzt. Diese Erscheinung des Bore oder Mascaret tritt in einigen Flüssen mit furchtbarer Gewalt auf, z. B. im Amazonenstrom mit ca. 5^m Höhe, im Tsian-Tschang angeblich mit ca. 9^m Höhe, wobei sich diese schäumende Wasserwand in der ganzen Flussbreite mit der Geschwindigkeit eines Schnellzuges, 50^{Km} in 1 Stunde, aufwärts bewegt. Von den europäischen Flüssen ist der Bore vorzüglich auf der Seine, der Dordogne und dem Severn bekannt. Vor etwa 50 Jahren ist derselbe auch häufiger auf der Ems vorgekommen, und auch jetzt noch nicht ganz verschwunden.

Ausser den Fluthcurven, welche bekanntlich das Gesetz des Steigens und Fallens für einen Ort ausdrücken (vergl. Cap. XIV, § 14), sind vorzüglich wichtig

für die Kenntniss und Beurtheilung eines Fluthgebietes die Linien des Hoch- und Niedrigwassers, d. h. die ideelle Verbindung der für alle Punkte des Fluthgebietes vorkommenden Höhen der Scheitel- und Fusspunkte. Zwischen diesen beiden Linien liegen die wirklichen, freilich nur momentan vorhandenen Spiegelhöhen der Fluthwellen in ihren verschiedenen Phasen. Man kann also das Gefälle des Flusses im Fluthgebiet keineswegs ähnlich wie im oberen Gebiete bestimmen, da es sich nicht allein an jeder Stelle sondern auch in jedem Augenblick ändert. Wenn ohne weitere Bezeichnung von Gefälle die Rede ist, so wird darunter die Linie der Fusspunkte oder die sog. Ebbelinie verstanden. In Frankreich ist diese Bezeichnung allgemein üblich. Vergl. Fig. 1 und 6, Taf. XLVIII.

In den genannten beiden Profilzeichnungen der Elbe und Weser sind die Fluthwellen in den vier Stadien des Hoch- und Niedrigwassers, sowie der halben Fluth und Ebbe bei Cuxhafen bezw. Bremerhafen eingetragen und ihre Hauptstromrichtungen durch Pfeile bezeichnet. Aus Mangel an Platz konnten beide Profile nicht bis Helgoland voll ausgezeichnet werden. In beiden Fällen zählen aber die Längen mit 0 von Helgoland aus, und ist beidemale die halbe Fluthhöhe bei Cuxhafen und Bremerhafen mit der von Helgoland durch eine Horizontale verbunden. Diese Verbindung der beiderseitigen halben Fluthhöhen durch eine Horizontale ist offenbar nur eine Annahme, welche in Ermangelung thatsächlicher Beobachtungen, statt anderer weniger Wahrscheinlichkeit bietenden Annahmen, gemacht werden musste. Weil es nämlich bis jetzt unmöglich gewesen ist, die Insel Helgoland mit den Punkten des Festlandes nivellitisch zu verbinden, so können auch nicht, wie bei den durch Nivellement gegenseitig festgelegten Pegeln eines Flusses, die Wasserstandsbeobachtungen jener Inseln mit denen des Festlandes unzweifelhaft verbunden werden. Nimmt man aber an, dass die Fluthererscheinung zwischen Helgoland und der Küste die einer reinen Wellenschwingung ist, so lässt sich folgern, dass selbst bei einer Aenderung in der Wellengrösse die Hebungen und Senkungen sich gleich weit von dem mittleren Wasserstande entfernen werden. Obgleich nun ferner nach § 21 Cap. XIV die Lage des mittleren Meeresspiegels keineswegs als wirklich horizontal angesehen werden darf, so wird es für die Betrachtung der Fluthbewegungen das einfachste und verständlichste Bild geben, sie als horizontal anzunehmen. Erscheint also vom offenen Meere bis zur Küste die Hochwasserlinie unter Umständen steigend, die Niedrigwasserlinie fallend, so wird auch bis zu ungewissen Grenzen sich die Lage dieser Linien in tiefen Buchten oder in Flussmündungen ebenso fortsetzen.

Es würde im höchsten Grade werthvoll sein, über diesen dunkeln Theil der Ebbe und Flutherscheinung in Flussmündungen entweder durch thatsächliche Beobachtungen oder durch zweifellose theoretische Ermittelungen mehr Licht zu verbreiten als bis jetzt möglich gewesen ist. Hierzu bieten im Allgemeinen die selbstregistrirenden Fluthmesser eine völlig unentbehrliche Hülfe, von welcher indess noch viel zu wenig Gebrauch gemacht worden ist.

Für das bessere Verständniss der beiden Profile in Fig. 1 und 6 möge noch empfohlen werden, die nur abgebrochen oder verkürzt gezeichneten Strecken von Helgoland bis Cuxhafen und Bremerhafen nach dem Längenmaasstabe der übrigen Strecken auf einen besonderen Papierstreifen zu zeichnen und als Klappe an die betreffenden Stellen anzuheften. Die Form der Fluthwellen in den beiden Flüssen und vor deren Mündung wird dadurch bei Weitem anschaulicher. Ferner sei bemerkt, dass die Zeichnung der Fluthwellen zwischen Cuxhafen und Helgoland mit Hülfe der von Lentz[10]) mitgetheilten Fluthcurven von Cuxhafen, Scharhörn und Helgoland geschehen ist, während die in Fig. 13 angegebenen Fluthcurven dazu gedient haben, in das ebenfalls nach Lentz zusammengestellte Profil der Elbe die Fluthwellenlinien hineinzutragen. Da Fluthcurven oberhalb Hamburg nicht vorlagen, so mussten dort zum Theil die Fluthwellen nach Zahlenangaben soweit als möglich ergänzt, zum Theil unvollständig gelassen werden. Aehnlich verhält es sich mit den Fluthwellen der Weser, für welche im Wesentlichen nur eine halbmonatliche Reihe von Fluthcurven zu Gebote stand, aus denen als Beispiel die in Fig. 14 dargestellten mitgetheilt sind.

Schon wegen des nicht vollständigen Beobachtungsmaterials müssen also die dargestellten Fluthwellen nur als annähernd richtig für die mittleren Verhältnisse gelten, wogegen die Hoch- und Niedrigwasserlinien der Fig. 1 und 6 aus längeren Zeiträumen ermittelt sind. Wie aus den der Zeit nach vertical untereinander gezeichneten Fluthcurven das Fortschreiten der Fluthwellen gefunden und in den Längenprofilen gezeichnet wird, darf als selbstverständlich hier übergangen werden. Nur ist

[10]) Lentz. Ebbe und Fluth des Meeres u. s. w.

dabei noch zu beachten, dass die aus den sämmtlichen Fluthcurven direkt hervorgehenden Höhen und Maasse erst auf ihr arithmetisches Mittel und ferner auf den Durchschnittsmaasstab der Längenprofile reducirt werden mussten, um in diese eingetragen zu werden.

Es ist ferner wohl kaum nöthig zu empfehlen für praktische Zwecke einen sehr viel grösseren Maasstab und verschiedene Farben für die einzelnen Linien zu gebrauchen, zumal wenn die Aenderung der Fluthwellen etwa von Stunde zu Stunde gezeichnet werden soll. (Siehe w. u. bei Bestimmung der Wassermengen.)

Während nun im eigentlichen Flusse die Niedrigwasserlinie fast stets nach der Mündung hin geneigt liegt und nur ausnahmsweise in der Nähe der Mündung geringe Steigungen gegen das offene Meer hin, wo schon die ganze Fluthbewegung den Charakter der Wellenschwingung annimmt, denkbar sind (siehe jene Figuren), so wird es für die Hochwasserlinien die Regel sein, dass sie zunächst vom Meere her ansteigt und ferner fast stets da steigt, wo sich der Fluss nach oben hin merklich verengt, jedoch fällt, wo dieser sich erheblich erweitert. Ein Fallen dieser Linie nach oben hin ist ferner auch dann die Regel, wenn der Fluss fortwährend sehr eng bleibt und die in der Mündung eintretende Welle durch fortgesetzte bedeutende Hindernisse bald vernichtet wird. Dies ist fast bei allen kleineren Flüssen der Fall. Bei grösseren regelmässig gestalteten Flüssen wird die Linie anfangs etwas steigen, die längste Strecke horizontal laufen und an der Grenze des Fluthgebiets wieder verhältnissmässig rasch steigen. Bei unregelmässig gestalteten und verwilderten Flüssen findet dagegen ein mehrfacher Wechsel zwischen Steigen und Fallen statt. Siehe Fig. 6, Taf. XLVIII.

Für den Zustand des Flusses ist jedoch die Form der Niedrigwasserlinie noch bezeichnender als die der Hochwasserlinie. Man kann in Kürze sagen, dass je ausgebildeter das Fluthgebiet ist, dass desto gestreckter oder mit geringeren Neigungen versehen die Niedrigwasserlinie sein wird. Oder es wird die bei einem uncorrigirten Fluss hoch liegende und mit starken Neigungen sich von der Fluthgrenze bis zur Mündung hinziehende Niedrigwasserlinie sich nach der erfolgreichen Correction erheblich und namentlich im oberen Fluthgebiet senken und dadurch die Fluthgrenze um viele Kilometer weiter hinaufrücken. Denn es darf unbedingt angenommen werden, dass nach der Correction die Hochwasserlinie sich mindestens in ihrer alten Richtung so weit nach oben hin verlängert bis sie die neue Niedrigwasserlinie trifft, doch wird wahrscheinlich in den meisten Fällen auch die Hochwasserlinie sich gegen ihre frühere Lage heben und auch ihrerseits zur Hinaufschiebung der Fluthgrenze beitragen. Die auf Taf. XLVIII dargestellten und weiter unten beschriebenen Beispiele der Elbe, Weser und Clyde geben hiervon ein anschauliches Bild. Es darf also zunächst festgehalten werden, dass je länger flussaufwärts und je mehr der Höhe nach sich die Hoch- und Niedrigwasserlinien von einander entfernt halten, desto günstiger das Verhalten der Fluth im Allgemeinen sein wird.

Die zwischen der Scheitellinie und der Fusslinie liegenden Fluthwellenlinien werden um so gestreckter oder weniger geneigt, je rascher die Welle das Fluthgebiet durchläuft oder je besser das Flussbett ausgebildet ist. Bei kleinen Flüssen wird die den Fluss hinauflaufende Fluthwelle mit ihrem Hochwasser in der Nähe der Fluthgrenze angekommen sein, bevor in der Mündung die Ebbe auf Niedrigwasser angelangt oder bevor gar eine neue Fluthwelle die Mündung passirt hat.

Bei grossen Flüssen dagegen werden, ehe die erstgedachte Welle die Fluthgrenze erreicht hat, nicht nur eine sondern selbst mehrere Wellen inzwischen die Mündung passirt haben und mit denselben Zeitintervallen wie in dem Meere, aber in

immer kürzeren Raumintervallen hinter einander das Fluthgebiet durchlaufen. So sollen auf dem Amazonenstrome, dessen Fluthgebiet etwa 1000^{Km} Länge besitzt, sieben bis acht Fluthwellen gleichzeitig hinter einander stattfinden. Es ist zweifellos, dass auf unseren Flüssen Elbe und Weser zeitweilig zwei Fluthwellen gleichzeitig auftreten. Ebenso müsste in den Fig. 1 und 6, Taf. XLVIII jedesmal da, wo am oberen Ende des Flusses die Fluthwelle mit der Hochwasserlinie zusammentrifft, weiter oberhalb wieder eine Senkung der Fluthwelle, und wo die Fluthwelle die Niedrigwasserlinie trifft, eine Hebung oder eine vorangegangene Fluthwelle sichtbar sein. Es ist bereits oben bemerkt, dass hierzu die nöthigen Beobachtungen gefehlt haben.

Die bis jetzt besprochenen Erscheinungen erfolgen nun auf keinem Flusse mit Regelmässigkeit, weil weder der obere Zufluss constant ist, noch auch die Fluthhöhen und Geschwindigkeiten in der Mündung sich gleich bleiben.

Zur Vereinfachung der Betrachtung sei zunächst nur der obere Zufluss veränderlich angenommen. Es ist eine bekannte Thatsache und aus Fig. 1, Taf. XLVIII ersichtlich, dass die gewöhnliche Fluthgrenze von der gewöhnlichen Fluthwelle bei höherem Oberwasser nicht erreicht, dagegen bei jedem niedrigerem Oberwasser überschritten wird. In noch stärkerem Grade aber als die Fluthgrenze verschiebt sich in beiden Fällen die Grenze des Fluthstromes.

Es werden ferner im ersteren Falle bei vermehrtem Oberwasser sowohl der Scheitel als der Fusspunkt der Fluthwelle gehoben, im letzteren Falle dagegen gesenkt, in beiden Fällen jedoch der Fusspunkt mehr als der Scheitel, so dass bei höherem Oberwasser die Fluthgrösse abnimmt, bei kleinerem zunimmt. Siehe Fig. 1.

Alle diese Aenderungen finden jedoch im oberen Theile des Fluthgebietes in höherem Grade statt und nehmen nach unten hin stetig ab, so dass an einem gewissen Punkte des Fluthgebietes, bei grossen Strömen schon weit oberhalb der Mündung, jeder Einfluss des Oberwassers verschwindet, auf der Elbe z. B. schon etwa bei Glückstadt, in der Weser etwa bei Brake.

Für die Erscheinungen in Folge veränderter Fluthhöhen möge zunächst wieder der obere Zufluss constant angenommen werden. Es wird zunächst wohl ohne Weiteres klar, dass eine in der Mündung auftretende Fluth auch höher flussaufwärts sich erstrecken und dabei an jeder Stelle des Fluthgebiets ein grösseres Fluthintervall erzeugen wird. Dies ergiebt sich z. B. aus Fig. 14, Taf. XLVIII. Letzteres ist jedoch nur so lange der Fall als nur e i n e grössere Fluth auftritt. Die Fluthgrössen in den o b e r e n S t r e c k e n d e s F l u t h g e b i e t s werden nämlich wesentlich von der Grösse der vorangegangenen Fluthen abhängig und zwar in der Weise, dass vorangegangene Fluthen im Allgemeinen dort für die folgenden Fluthen einen geringeren Fluthwechsel erzeugen.

Es zeigt sich dies, abgesehen von den Einwirkungen des Oberwassers und des die Fluthgrösse in der Mündung beeinflussenden Windes, mit Regelmässigkeit während der monatlich zweimal stattfindenden Zeit der Springfluthen. Wie im Cap. XIV, § 12 und 14 näher geschildert, besteht die halbmonatliche Ungleichheit aus einem allmählichen Hin- und Herschwanken zwischen tauben Fluthen und Springfluthen, während zwischen beiden in der Mitte die mittlere Fluth der betreffenden Periode liegt. Da also um die Zeit der Springfluth mehrere höhere Fluthen sich folgen, so wird das bei Ebbe in der oberen Strecke des Fluthgebiets zurückfliessende Wasser einer voraufgegangenen hohen Fluth sich gegen die Fluth der nachfolgenden Fluthwelle ähnlich wie ein höheres Oberwasser verhalten, d. h. die Wasserstände werden

sowohl bei Hochwasser als auch bei Niedrigwasser daselbst erhöht. Oder mit anderen Worten, es findet jede neue Fluthwelle im oberen Fluthgebiet einen um so höheren Wasserstand vor, je höhere Wellen voraufgegangen sind und je länger überhaupt das Fluthgebiet ist.

Nach Fig. 1, Taf. XLVIII ist also die Erscheinung um die Zeit der Springfluth insofern besonders complicirt und interessant, dass zwar im unteren Theile des Fluthgebietes das Niedrigwasser der Springfluth ebenso wie im offenen Meere niedriger herabsinkt als das Niedrigwasser der gewöhnlichen oder gar der tauben Fluth, dass aber in dem oberen Fluthgebiet grade das entgegengesetzte stattfindet. Die Hochwasser der hohen Fluthen werden jedoch im ganzen Fluthgebiet höher als die der kleineren Fluthen.

Endlich werden in den Flüssen die Fluthererscheinungen reichlich so sehr wie im offenen Meere von den stärkeren Winden beeinflusst, jedoch hauptsächlich nur von solchen, welche aufwärts oder abwärts in der Hauptrichtung des Flusses, vorzüglich der unteren Strecke wehen. Der Einfluss des Windes ist im Allgemeinen um so bedeutender, je mässiger die Fluthentwickelung vor der Mündung der betreffenden Flüsse ist, daher ungleich wichtiger für die deutschen Flüsse als für die meisten englischen, vor deren Mündung im Durchschnitt eine reichlich anderthalbfach stärkere Fluth stattfindet. Die grösste Bedeutung haben für die Fluthgebiete die Sturmfluthen besonders dann, wenn sie mit hohem Oberwasser zusammentreffen. Es entstehen dadurch Hochwasserstände, welche verhältnissmässig die gleichzeitigen Wasserhöhen an der offenen Küste meistens erheblich übersteigen. Bei diesen Sturmfluthen rückt trotz des hohen Oberwassers die Fluthgrenze oft um viele Kilometer über die gewöhnliche Grenze aufwärts. Eine besondere Eigenthümlichkeit solcher Sturmfluthen in einem Fluthgebiet ist, dass selbst die höchsten sich unter einander in vielen Stücken unähnlich sind. Es kommt dies daher, weil das Gesammtresultat von vielen einzelnen Factoren abhängt, unter denen ausser den Verhältnissen der Fluthhöhe zu der Stärke des Oberwassers noch die Anzahl der voraufgegangenen höheren Fluthen und das Verhalten des Windes die wichtigsten sind.

In solchen Flussgebieten, welche neben dem eigentlichen, nur die gewöhnlichen Fluthen aufnehmenden Flussbette noch ausgedehntere uneingedeichte Niederungen besitzen, werden die Sturmfluthen nach einer Correction nahezu unverändert wie vor derselben bleiben, weil sich besonders in der ganzen unteren Flusstrecke das Profil des höchsten Wassers in seiner Grösse nicht merklich geändert haben wird. Dagegen wird das für sich allein auftretende hohe Oberwasser in dem oberen Fluthgebiet wesentlich gesenkt werden, weil dasselbe dauernd in dem vertieften Flussschlauche einen verbesserten Abfluss findet. Dieser Umstand ist neben dem Hauptzweck der Fluthcorrection in manchen Fällen sehr beachtenswerth. So würde z. B. das höchste Oberwasser oberhalb Bremen durch eine solche Correction noch um etwa 1^m erniedrigt und dadurch ein grosser Nutzen für Abwässerung und die verminderte Deichlast geschaffen werden.

§ 11. Die Wassermenge und deren Messung. Mit den im vorigen Paragraph geschilderten äusseren Erscheinungen steht nun die vor Allem wichtige Grösse der sich bewegenden Wassermenge oder des hydraulischen Vermögens im engsten Zusammenhange. Dieselbe ist jedoch äusserlich nicht auf den ersten Blick und auch selbst nach verschiedenen Beobachtungen nur dem kundigen Auge erkennbar. Denn oft ist unter ungeheuren Wasserflächen die Gesammtbewegung weit geringer

als in einem in der Oberfläche schmalen, jedoch tiefen und mit grosser Geschwindigkeit durchströmten Bette. Ausserdem findet im Fluthgebiet da, wo augenblicklich absoluter Stillstand herrscht, nach einigen Stunden vielleicht eine reissende Strömung statt oder es liegen zur Zeit des Niedrigwassers lange und mehrere Kilometer breite Flächen trocken, über welchen zu anderen Zeiten ein lebhafter Fluth- oder Ebbestrom sich bewegt.

Schon aus letzteren Gründen erscheint es völlig unmöglich die Wassermenge des Fluthgebietes grösserer Flüsse mit den für obere Flusstrecken gebräuchlichen Apparaten und Methoden zu bestimmen, wenn man nicht etwa für ungefähre Resultate mit wenigen Schwimmern sich begnügen will.

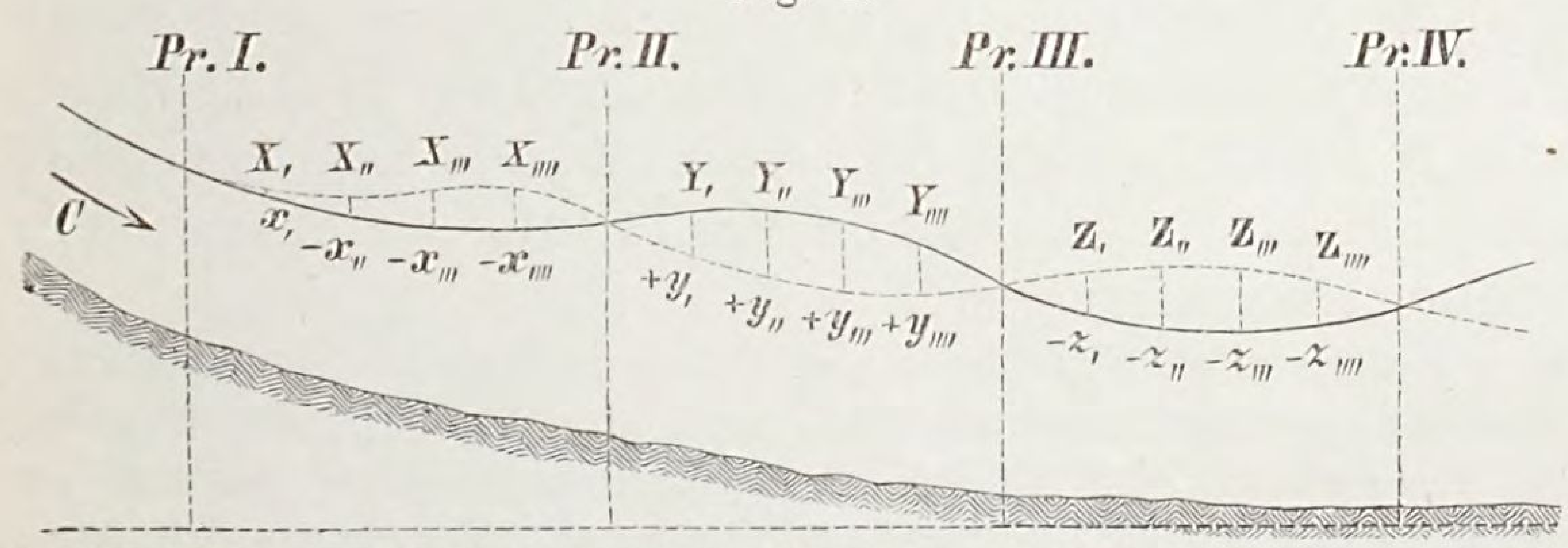
Um nun, wie es zur rationellen Behandlung einer Fluthcorrection unerlässlich ist, die für jedes Stadium der Ebbe oder Fluth und für jeden Punkt des Fluthgebiets verschiedene Grösse des bewegten Wassers zu finden, sowie ausserdem für geänderte Fluthverhältnisse vorher zu berechnen, bieten zunächst die genaue Bestimmung und Darstellung der Fluthwelle für die Dauer einer ganzen Tide, sodann die Kenntniss der in den verschiedenen Stadien vom Wasser bedeckten Oberflächen und endlich eine Kenntniss des von oben constant zufliessenden Oberwassers, in richtige Verbindung mit einander gebracht, das einzige zwar sehr umständliche aber auch ausreichende und in seiner Ausführung sehr interessante Mittel. Dasselbe ist soweit bekannt zuerst von Hübbe[11]) im Jahre 1841 für die Unterelbe angewandt.

Die Formel für die Berechnung der durch ein gewisses beliebiges Profil innerhalb einer gewissen Zeit während der Ebbe oder Fluth hindurchfliessenden Wassermenge ist nun zunächst in Worten ausgedrückt:

„Die fragliche Wassermenge ist gleich der Summe der Produkte aus den (einzelnen) Grössen der Oberfläche multiplicirt mit den (einzelnen) Grössen der Hebung und Senkung derselben oberhalb jenes Profiles liegenden Oberfläche plus dem Zufluss des Oberwassers.“

Dieser Satz wird sofort durch graphische Darstellung anschaulich und erwiesen. Es bedeuten in nebenstehender Fig. 4 C den Zufluss des Oberwassers, die ausgezogene und die gestrichelte Linie, die zwei innerhalb der gewissen Zeit sich ändernden und sich mehrfach durchschneidenden Fluthwellenlinien. Endlich sind in den hierdurch entstehenden verschiedenen Abtheilungen die Hebungen des Wasserspiegels negativ mit $-x$, $-x_{,,}, \ldots$, $-z$, $-z_{,,}, \ldots$, die Senkungen dagegen positiv mit $+y$, $+y_{,,}, \ldots$ und die zu diesen Höhenschwankungen zugehörigen Oberflächen mit X, Z und Y bezeichnet.

Fig. 4.



Alsdann ist zunächst der Durchfluss durch das Profil $I = C$,

der durch das Profil $II = C - (x_, X_, + x_{,,} X_{,,} + x_{,,,} X_{,,,} + \ldots) = C + \Sigma(-x X)$,

der durch das Profil $III = C + \Sigma(-x X) + \Sigma(+y Y)$,

der durch das Profil $IV = C + \Sigma(-x X) + \Sigma(+y Y) + \Sigma(-z Z)$ u. s. w.

Denn jede einzelne Abtheilung wird als ein Gefäss angesehen, durch dessen Vorder- und Hinterwand eine Ein- oder Ausströmung geschieht. Hat dann in einer bestimmten Zeit eine Hebung des Spiegels stattgefunden, so wird durch die letztere Wand weniger ausgeströmt sein, als durch die erstere eingeströmt ist, hat dagegen eine Senkung stattgefunden, so ist durch letztere mehr ausgeströmt als durch erstere eingeströmt ist.

[11]) Hübbe. Einige Wasserstandsbeobachtungen im Fluthgebiete des Elbstromes. Hamburg 1841.

Es ist hiernach nicht weiter nachzuweisen, dass man unbedingt von oben und zwar von der Stelle des constanten Zuflusses anfangen muss, um für jede untere Stelle den Durchfluss zu bestimmen, dass die letztere Stelle dagegen beliebig, also auch z. B. nicht gerade an der Grenze einer Hebung oder Senkung zu liegen braucht, und endlich, dass die Ausdrücke für die Wassermenge bald positiv bald negativ und sogar zu Null werden können. Alsdann herrscht in dem betreffenden Profil entweder Ebbeströmung, Fluthströmung oder gar kein Strom. Endlich erscheint wohl selbstverständlich, dass man die Messungen für die einzelnen Hebungen und Senkungen an nahe gestellten Pegeln in gleichen Zeitintervallen vornimmt, welche letztere gross genug (mindestens eine Viertelstunde, bequemer von Stunde zu Stunde) sind, um eine Aenderung des Spiegels wahrzunehmen, dass man aber zur Bestimmung der Durchflussmenge für eine Secunde die aus jenen Zeitintervallen sich ergebenden Höhenschwankungen oder das Gesammtresultat der Wassermenge durch die Anzahl der Secunden eines jeden Intervalls zu dividiren hat.

Bequemer als die direkte Beobachtung der von Zeit zu Zeit vorkommenden Schwankungen, zu welchem Zwecke für die Dauer einer ganzen Tide und für eine längere Stromstrecke eine grössere Zahl recht zuverlässiger Beobachter gehört, ist die graphische Darstellung der Schwankungen oder der Erscheinungen der Fluthwelle in verschiedenen Stadien der Fluth, welche man aus vorhandenen, von selbstregistrirenden Fluthmessern gezeichneten Fluthcurven construiren kann. Wenn einmal solche zuverlässige Beobachtungen für eine geringere Zahl von Orten (etwa 6 für ein mässiges Fluthgebiet) vorhanden sind, so ergiebt sich ferner die Möglichkeit, nachträglich für jede beliebige Zeit, z. B. der eines höheren Oberwassers, einer besonders grossen oder kleinen Fluth u. s. w. die Wassermengen zu berechnen, während die nöthigen Vorbereitungen bei der Beobachtung mit gewöhnlichen Pegeln für derartige Gelegenheiten meistens viel zu zeitraubend sein würden.

Um aus der Wassermenge die Stromgeschwindigkeit zu finden ist offenbar die erstere durch das für die betreffende Zeit vorhandene Querprofil zu dividiren, wobei nur auf die Veränderlichkeit der Profilgrössen zu achten ist. Wie bereits oben bei der Fortschrittsgeschwindigkeit bemerkt wurde, ist also die Stromgeschwindigkeit als eine Function jener anzusehen.

Als wesentlichstes allgemeines Resultat dieser Betrachtungen über die Wassermenge ergiebt sich einmal die Schwierigkeit der genauen Bestimmung, aber ausserdem, dass die nicht unbedingt feststehenden Grössen, aus denen die bewegte Wassermenge sich zusammensetzt, die Oberflächen und die Schwankungen, durch ihre etwaige Vergrösserung eine weit mehr als im einfachen Verhältnisse stehende Vermehrung der Wassermenge hervorbringen.

Es kann z. B. unter günstigen Umständen eine gegen früher verdoppelte Fluthschwankung eines bestimmten Punktes Veranlassung geben, dass die Fluth nach oben hin sich doppelt so weit erstreckt und doppelt so viel Oberfläche bedeckt, als bei der früheren Schwankung der Fall war. Alsdann würde das einströmende Fluthwasser sich in der dritten Potenz also hier um das achtfache vermehren, und die Ebbeströmung würde unter Berücksichtigung des constant bleibenden Oberwassers gleichfalls eine erhebliche Verstärkung erhalten, und zwar um so grösser, je geringer das Oberwasser im Vergleich zur Fluthmenge ist.

Begreiflicher Weise kann eine wesentliche Aenderung der Fluthschwankung in der Mündung oder im untersten Theil des Fluthgebietes fast nie geschaffen werden; dagegen bietet sich für die mittleren und oberen Strecken auf manchen Flüssen die Gelegenheit zu einer wesentlichen Vergrösserung, selbst Verdoppelung des Fluthintervalls, und wird es dann von den übrigen Stücken des Flusslaufes abhängen, in welchem Maasse dadurch eine Vermehrung der Wassermenge oder des hydraulischen Vermögens zu erreichen ist.

Unter diesen Faktoren, welche auf die Vermehrung des Wassers Einfluss haben

befindet sich auch gewissermaassen versteckt die grössere Geschwindigkeit, mit welcher sich die Fluthwelle von der Mündung aufwärts bewegt, indem z. B. für eine gewisse mittlere Strecke trotz gleichbleibender Gesammtdifferenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser und gleicher Oberfläche durch die vermehrte Fortschrittsgeschwindigkeit der Welle insbesondere ihres Fusses eine wesentlich stärkere und längere Fluth-einströmung entsteht. Diese letztere wird sich allerdings äusserlich nur nach oben hin durch Vergrösserung sowohl der Gesammtdifferenz als auch der schwankenden Oberfläche verrathen.

Es möge hier schliesslich noch eine praktische Regel für die Aufnahmen der Querschnitte Platz finden. Indem man nämlich gezwungen ist, die Tiefen während des fallenden oder steigenden Wassers zu messen und dieselben nachträglich auf einen bestimmten Wasserstand zu reduciren, so entstehen hierbei um so leichter Irrthümer und Fehler, je rascher die Höhe des Wassers sich ändert und je weiter die zu bestimmenden Profile von einem oberen oder unteren Pegel entfernt liegen. Es empfiehlt sich daher, selbstverständlich unter genauer Beobachtung der oberen und unteren Pegelstände während der ganzen Tiefenmessung sowie unter genauer Registrirung der Zeiten, in denen die Tiefen gemessen werden, alle Tiefenmessungen im Fluthgebiet der Flüsse vorzugsweise bei kleineren Tiden und dabei noch besonders während der längerdauernden Ebbe anzustellen.

§ 12. Wechselwirkung zwischen Wassermenge und Flussbett. Die vorzüglichsten Mängel desselben. Es ist in der bisherigen Darstellung vermieden worden von den einzelnen Eigenschaften des Flussbettes zu sprechen und nur im Allgemeinen gelegentlich betont, dass dieses der Entwickelung der Fluthwelle möglichst wenig Hindernisse entgegenzusetzen habe, und dass es die Aufgabe sei, in einem verwilderten Flusse mit einer verkümmerten Fluthwelle eine solche Stromkraft zu erzeugen, welche für die Schiffahrt eine grössere und namentlich gleichmässigere Tiefe hervorbringen und erhalten könne. Der Vermehrung der Stromkraft, wozu hauptsächlich die Vergrösserung der Wassermenge das Mittel giebt, muss aber eine gewisse künstliche Einwirkung auf das Flussbett voraufgehen. Es könnte fast scheinen, als ob diese Forderungen sich in einem fehlerhaften Kreise drehten, doch ist erfreulicherweise gerade dieser Kreis der Ursachen und Wirkungen für die fragliche Aufgabe ein glücklicher zu nennen.

Man findet die Lösung derselben in dem Satze: *Je ungehinderter die Fluthwelle sich an jedem Punkte bewegen kann, eine desto grössere Wassermenge strömt bei der Fluth nach oben und vergrössert sowohl während dieser als auch rückströmend bei der Ebbe die Stromkraft oder die Fähigkeit, ein geräumigeres namentlich tieferes Bett auszubilden und zu erhalten.*

Die bessere Ausbildung des Bettes durch vermehrte Stromkraft kann hier bereits als durch die allgemeinen Lehren des Strombaues erwiesen angesehen werden, freilich unter der Voraussetzung, dass die Stromkraft sich nicht völlig selbst frei überlassen bleibe, sondern soweit nöthig durch geeignete Regulirungswerke geleitet werde. Es ist also nur noch erforderlich zum Nachweise des eben genannten Satzes die Wirkung der einzelnen Hindernisse des Bettes auf die Entwickelung der Fluthwelle näher zu beleuchten.

Als die vorzüglich in Betracht kommenden Hindernisse sind zu nennen: *scharfe Krümmungen, Spaltungen durch Inseln oder hohe Sandbänke, Ungleichmässigkeit in den Querschnitten* und zwar sowohl zu grosse Breite als auch zu grosse Einengung, und endlich *Unebenheit des Bettes und der Ufer.* Dieselben stehen in manchen Fällen unter einander in einer bestimmten Beziehung oder Abhängigkeit, verdienen jedoch sämmtlich besonders betrachtet zu werden.

Grosse Krümmungen, wenngleich ohne besonders scharfe Biegung, haben zunächst den Nachtheil, dass sie den Weg bis zu dem Hafenpunkt verlängern und den letztern vergleichsweise höher flussaufwärts rücken, also in die Gegend des geringeren Fluthwechsels und der kleineren Wassertiefe bringen. Es mag hier zunächst als erwiesen vorausgesetzt werden, dass von Unregelmässigkeiten abgesehen, die Wassertiefe von der Mündung nach der Fluthgrenze hin abnimmt. Durch die Verlängerung des Weges um etwa 1^{Km} kann aber ein für die Schiffahrt schon erhebliches Maass an Tiefe, wenn auch nur einige Centimeter, verloren gehen.

Von ganz anderer Wirkung sind kleine aber sehr scharfe Krümmungen. In diesen wird durch die fortwährend starke Richtungsänderung der sie durchlaufenden Welle ein Theil der lebendigen Kraft derselben unnütz verzehrt. Ausserdem verursacht jede scharfe Krümmung hier wie im oberen Stromlaufe an der concaven Seite eine erhebliche Vertiefung und gleichzeitig wegen der im Fluthgebiet doppelt gefährlichen Tendenz der Anlandung auf der convexen Seite eine Profilverengung, sowie eine die lebendige Kraft ebenfalls abschwächende Ungleichförmigkeit mit den davor und dahinter liegenden Profilen.

Einen noch ungünstigeren Einfluss als die Krümmungen üben auf die Fluthentwickelung die Spaltungen, namentlich die durch grössere Inseln herbeigeführten. Es ist eine aus den allgemeinen Lehren über Wasserbewegung bekannte Thatsache, dass ein gespaltener Fluss in seinen beiden einzelnen Armen einen grösseren Widerstand gegen das Fliessen seiner Wassermasse erfährt als im ungetheilten Lauf, weil die Gesammtfläche der Betten im ersteren Falle etwa um das $1\frac{1}{2}$fache grösser ist als im letzteren Falle bei gleicher Länge, während die Tiefen in den gespaltenen Armen entsprechend kleiner sind. Es erfährt also zunächst die Fluthwelle in jeder Spaltung eine um so bedeutendere Schwächung, je länger die Spaltung anhält. Bei grossen Spaltungen ergiebt sich dann noch als ferneres Uebel, dass meistens die Fluthwelle in dem einen Arm etwas rascher an der oberen Spitze der Insel ankommt, als in dem andern. Hierdurch wird ein Theil des aus dem ersteren hinaufgedrungenen Fluthwassers nach dem anderen hinüber gezogen. Dies kann unter Umständen so weit gehen, dass in dem zweiten Arme gleichzeitig von unten und von oben die Fluth und sogar ein Fluthstrom eindringt. Die natürliche Folge ist dann ausser einer erheblichen Schwächung der nach oben in den wieder ungetheilten Fluss hinauflaufenden Fluthwelle die Versandung des zweiten Armes, die, wenn nicht derselbe aufgegeben werden soll, unfehlbar bedeutende Kosten für Baggerungen verursacht. Ein sehr interessantes Beispiel hierzu liefert die bei Hamburg stattfindende Spaltung der Elbe in die Süder- und Norder-Elbe, wobei durch die erstere der Fluthstrom eine bedeutende Strecke in den oberen Theil der Norder-Elbe hineintrat, bis die von unten in dieser hinaufkommende Fluthströmung allmählich die obere Gegenströmung überwand. Durch erhebliche Regulirungen und Baggerungen hat die Stadt Hamburg diesen für ihre Schiffahrt sehr fühlbaren Uebelstand in letzter Zeit abzuschwächen gesucht, welche Anstrengungen in einem bedeutenden Durchstich bei der „Kalten Hofe“ ihren erfolgreichen Abschluss gefunden haben (vergl. Cap. IX. § 11, S. 509).

Wo nicht etwa wie z. B. durch politische Verhältnisse oder sonstige unüberwindliche Hindernisse eine Stromspaltung im Fluthgebiete unvermeidlich erscheint, sollte sie noch mehr als schon im oberen Gebiete unbedingt aufgehoben werden.

Die durch wasserfreie Inseln bewirkten Spaltungen gehen nun allmählich in Spaltungen durch grössere Sandbänke über, und alles über jene Ungünstiges gesagte

passt, wenn auch in geringerem Grade auf grosse und selbst kleine Sandbänke. Es wiederholen sich bei diesen qualitativ dieselben Ursachen und Wirkungen für die Abschwächung der Fluthwelle. Da aber in einem verwilderten Flussbette namentlich in der unteren Gegend die Zahl der Sandbänke die der wirklichen Inseln meistens weit übertrifft, so ist auch quantitativ wegen der sich von allen einzelnen Bänken addirenden Wirkung ihr Nachtheil für die gesammte Ausbildung des Flusses gewöhnlich sehr gross. Es liegt mithin ein doppeltes Interesse vor die Spaltungen aller Art zu beseitigen, weil sie nicht allein die Fluthentwickelung und das hydraulische Vermögen des Flusses im Allgemeinen schwächen, sondern auch direkt für die Schiffahrt wegen der ungleichmässigeren und geringeren durchschnittlichen Tiefe hinderlich werden.

Wenngleich der Hydraulik bislang noch nicht gelungen ist für die abwechselnden Verengungen und Erweiterungen in offenen Wasserläufen, namentlich in grossen Flüssen, Widerstands-Coefficienten in ähnlicher Weise zu finden als für derartige Querschnittsänderungen in geschlossenen Röhren, so kann doch als unzweifelhaft angesehen werden, dass auch bei ersteren alle sowohl nach Form als nach Grösse rasch erfolgenden Querschnittsänderungen einen gewissen Verlust an Geschwindigkeit und damit an lebendiger Kraft bedingen. Ausserdem haben noch alle Unregelmässigkeiten in der Profilgestaltung den Nachtheil, dass sie sehr veränderlich sind und dadurch zu neuen Verwilderungen Anlass geben. Dass vergleichsweise übermässige Einengungen die Fluthwelle in ungleich höherem Grade abschwächen als zu grosse Weiten, bedarf daneben wohl keines Beweises.

Eine besondere Art von Unregelmässigkeiten der Querschnitte bilden die sog. Barren. Man versteht hierunter Sandbänke, welche das ganze Profil der Breite nach durchsetzen und dabei ihren Platz, trotz vorübergehender Aenderungen, im Ganzen dauernd behaupten. Begreiflicherweise sind daher die Barren für die Schiffahrt besonders nachtheilig. Ueber die Gesetze ihrer Entstehung und Umbildung und die Mittel zu ihrer Vertreibung herrscht bei Theoretikern und Praktikern die grösste Meinungsverschiedenheit, die sich zum Theile aus der individuellen Beschaffenheit der einzelnen Flüsse und ihrer etwaigen Barren erklärt. Es giebt nämlich barrenlose Flüsse, ferner solche mit nur einer Barre vor der Mündung und endlich Flüsse mit zwei ganz verschiedenen Barrengegenden.

Indem wir hinsichtlich der verschiedenen Auffassungen vorzugsweise auf Dalmann und die von diesem citirten Schriftsteller verweisen, geben wir im Nachstehenden kurz die eigene Ansicht.

Wie bereits oben S. 805, bei der Besprechung der Grenze des Fluthstromes bemerkt wurde, bildet sich namentlich in grösseren Flüssen an jener Stelle oft die obere Barre. Es treffen hierzu nämlich die ungünstigen Umstände zusammen, dass der Fluss mit seinem Oberwasser grosse Mengen von Sinkstoffen in die oberen Strecken des Fluthgebietes schiebt, woselbst zwar bei hohem Oberwasser, sowie bei hohen Sturmfluthen auf kurze Zeit eine bedeutende Strömung herrscht und eine entsprechende Profilausweitung eintritt, während dagegen auf lange Zeit grade hier eine besonders schwache Strömung sowohl bei Ebbe als bei Fluth vorhanden ist. Diese Art von Barrenbildung ist oft nur durch Baggerung zu überwinden, weil sich die ungünstigen Stromverhältnisse an der Fluthgrenze und das Eintreiben der Sinkstoffe von oben nicht durch Regulirung allein beseitigen lassen.

Während die oberen Barren in grösseren Flüssen häufiger auftreten, erscheint umgekehrt die Barrenbildung vor der Mündung mehr bei kleineren oder bei solchen

Flüssen, welche nur einen geringen Fluthwechsel besitzen. Es wirken hierbei als Factoren: die aus- und eingehende Ebbe- und Fluthströmung, die Küstenströmung, deren Richtung in manchen Fällen sich bei Ebbe und Fluth ändert, und die Einwirkung der Wellenbewegung oder die Riffbildung. Je kräftiger die erstere Strömung oder die eigentliche Flusströmung, desto geringer wird die Barrenbildung in der Mündung sein, also bei allen grösseren Flüssen mit starkem Fluthwechsel. Je stärker aber die beiden letzteren Factoren auftreten oder je mehr die Fluthströmung zurücktritt, desto kräftiger die Barrenbildung. Da das ein- und auslaufende Fluthwasser die Menge des gewöhnlichen Oberwassers oft um das hundertfache übersteigt, so wird wohl ohne Weiteres klar, dass Flüsse ohne Fluthschwankung die von oben kommenden Sinkstoffe vor ihren Mündungen soweit ablagern müssen, als diese nicht durch Küstenströmungen entfernt werden. So z. B. vor der Mündung des Nils, der Donau und selbst des nur von einer geringen Fluth gestauten, aber nicht einmal an der Oberfläche aufwärts bewegten Mississippi. Dort finden die bekannten ungeheuren Barren statt, die indessen hier kaum näher zu betrachten sind. Aehnlich wird es jedoch bei den Mündungen kleiner Flüsse sein, selbst wenn diese eine grosse Fluthschwankung haben, weil verhältnissmässig das hydraulische Vermögen des Flusses zu gering bleibt, um vor der Mündung und bei etwaiger Einwirkung der Küstenströmung und Riffbildung noch eine grössere Tiefe zu erhalten. Aus dem in § 2 über Ablagerung durch Küstenströmung und über Riffbildung Gesagten geht hervor, dass diese beiden Factoren sich fortwährend bestreben, eine vorhandene Bucht den benachbarten Uferlinien entsprechend auszufüllen. Das wirksamste Mittel hiergegen kann im Allgemeinen nur die Verstärkung der ein- und auslaufenden Fluthströmung sein. Bei Besprechung der Tyne-Mündung in § 16 sowie im Cap. XVII § 5 ist ein Beispiel solcher Mündungsbarren gegeben.

Alle Arten von Einengungen des Profiles werden nun für die Fluthentwickelung um so nachtheiliger, je mehr sie von einer rauhen Beschaffenheit des Bettes und Ufers begleitet sind. In unseren deutschen, völlig im Sand oder Thon gebetteten Flüssen wird nun zwar eine Rauheit des Bettes nicht im Entferntesten so wie bei einzelnen durch felsige Gebiete sich hindurchziehenden englischen Flüssen auftreten. Aber wohl nirgends mehr als grade in Deutschland, dem Vaterlande des Buhnenbaues, wird man beobachten können, dass selbst enge Flusstrecken im Fluthgebiet so mit Buhnen verbaut sind, dass die Fluthwelle fast unaufhörlich einen merklichen Widerstand erfährt und nach verhältnissmässig kurzem Lauf nur noch einen geringen Theil ihrer ursprünglichen Kraft behält.

Hier zeigt sich am augenfälligsten der Unterschied zwischen den Regeln des oberen und unteren Flussbaues.

Denn der merkliche Stau, den jede Buhne im fliessenden Wasser erzeugt, so lange sie nicht gänzlich verlandet ist, wirkt im oberen Flussgebiet zwar für die Schiffahrt unter Umständen etwas lästig und daneben für die gleichmässige Ausbildung der Sohle nicht ganz günstig, im Uebrigen aber keineswegs schädlich, sondern eher wohlthätig für die Erhaltung einer genügenden Fahrtiefe oder eines mässigen Wasserstandes. Daneben ist der Vortheil der Buhnen, wo es auf Verlandung der vom Hauptflussbett abgeschnittenen Wasserflächen ankommt, wie dies durchweg im oberen Flussgebiet der Fall ist, ganz unbestritten.

Im Fluthgebiet wird aber jeder noch so kleine Stau, wenn er sich häufig wiederholt, schliesslich eine sehr merkliche Schwächung der Fluthwelle hervorbringen.

Denn die Fluthwelle kann nicht wie das bergab fliessende Wasser durch den (zu seiner Schaffung einen gewissen Zeitaufwand bedingenden) Aufstau und die dadurch erfolgte Geschwindigkeitsvermehrung die Profilverengung unschädlich machen, sondern für sie ist jeder Augenblick Zeitverlust unwiederbringlich verloren, und mit der Zeit in gleichem Maasse ihre Kraft. Oder mit anderen Worten: es zwingt die Fluthwelle nichts ein Hinderniss zu überwinden, wohl aber wird sie mit jedem Hinderniss träger und schwächer.

Bei Besprechung der Beispiele insbesondere der Weser wird diese Thatsache näher beleuchtet werden.

§ 13. Projectirung und Hülfsmittel der Regulirung. Das Projectiren der Regulirung erfordert nun die unausgesetzte Beachtung der im Vorigen besprochenen Erscheinungen und Lehren, insbesondere des Grundsatzes, für jede Stelle des Fluthgebiets zu jeder Zeit eine möglichst grosse Wassermenge in Bewegung zu halten. Nach der Bedeutung der zuletzt betrachteten Hindernisse wird also zur Erreichung dieses Zieles oder der Entwickelung einer recht lebhaften Fluthwelle dem Flusse ein möglichst grader, ungetheilter Lauf in einem regelmässigen, ebenen Bette mit glatten Ufern zu geben sein. Die in dieser Beziehung an dem zu corrigirenden Flusse etwa bestehenden Mängel sowie die nothwendigen Aenderungen derselben im Allgemeinen sind ohne Weiteres aus einer guten mit Horizontalcurven versehenen Karte erkennbar. Weniger einfach dagegen ist die Bestimmung und die Beurtheilung der richtigen Profilgrössen. Es ist nämlich bei vielen Flüssen die Wassermenge, welche sich bei Fluth oder Ebbe während der Zeiteinheit in der Nähe der Mündung auf- oder abwärts bewegt 50 und selbst 100 mal so gross als das in der Zeiteinheit von oben zufliessende Oberwasser. Dieses auf den ersten Blick gewiss überraschende Verhältniss ergiebt sich mit Hülfe der im § 11 angegebenen Methode zur Berechnung der Wassermengen. (Siehe § 16, Beispiele.) Könnte man zunächst die Wassergeschwindigkeit, allerdings unter Berücksichtigung ihrer periodischen Veränderlichkeit, jedoch hinsichtlich ihrer Oertlichkeit in der ganzen Flusstrecke oben und unten als gleich annehmen, so folgte, dass der Querschnitt der Mündung in dem Verhältnisse der Wassermengen grösser sein müsste als der Querschnitt an der Grenze des Fluthgebietes. Wenn dann ferner die durchschnittliche Tiefe der Mündung als ein gewisses Vielfaches der oberen Tiefe angenommen oder aus den vorhandenen Profilen ermittelt und dabei eine gleichmässige Abnahme der Tiefen nach oben hin vorausgesetzt wird, so würde endlich die Abnahme der Flussbreiten von der Mündung bis zur Fluthgrenze sich als eine gleichförmige Convergenz zweier Linien darstellen.

Aber so einfach wie dieser eine vollständige Regelmässigkeit aller Theile voraussetzende Fall stellt sich nun wohl nirgends die Wirklichkeit weder des vorhandenen noch des zu erreichenden Zustandes.

Es kommt nämlich vorzüglich der Umstand in Betracht, dass bei allen abzweigenden Nebenflüssen oder bei etwaigen alten Flussarmen die Wassermenge zweier naheliegenden Profile eine plötzliche Veränderung erleidet, also auch verschiedene Profilgrösse bedingt. Denn es muss zunächst im Fluthgebiet, ähnlich wie für alle zu regulirenden Flusstrecken, der allgemeine Grundsatz festgehalten werden, dass die Stromgeschwindigkeiten auf kurzen Strecken sich nicht sehr merklich ändern dürfen, weil sonst im Bereiche der grösseren eine Auflockerung des Bettes und heftige Fortbewegung der Sinkstoffe, im Bereiche der kleineren Geschwindigkeit oder in dem zu grossen Profile eine schädliche Ablagerung jener Stoffe erfolgen würde. Es sind also

Profiländerungen entsprechend den Aenderungen der Wassermengen unvermeidlich. Erscheint dies nun hinsichtlich aller Nebenflüsse als selbstverständlich, so fragt es sich noch, ob auch für etwaige alte Flussarme dasselbe gilt.

Man kann nun unbedingt behaupten, dass thunlichst alle alten Arme im Fluthgebiet von unten offen, von oben dagegen geschlossen werden müssen. Sie werden sich dann bei Fluth anfüllen und bei Ebbe entleeren, ohne jedoch die Nachtheile einer Spaltung zu bewirken. Die gesammte Füllmasse, d. h. die zwischen Hoch- und Niedrigwasser in dem alten Arme Platz findende Wassermenge wird aber für die ganze untere Flusstrecke die ein- und ausströmende Wassermenge oder das hydraulische Vermögen vermehren. Man kann daher solche Arme mit Recht Spülbassins nennen nach der Bezeichnung der zur Spülung der Mündungen einzelner Häfen dienenden Bassins.

Je bedeutender nun ein solcher alter Arm in seiner Oberfläche ist, desto mehr wird sich das unterhalb seiner Ausmündung liegende Flussprofil von dem zunächst oberhalb befindlichen an Grösse und Form unterscheiden müssen. Es ist also nicht nur eine fortwährende Abnahme der Profile von unten nach oben nothwendig, weil sich unaufhörlich mit jedem Schritt die Wassermenge nach unten hin vermehrt, sondern es muss auch die Abnahme sich nach etwaigen Nebenflüssen oder alten Armen u. s. w. richten. Die Uferlinien werden daher keineswegs stetige, sondern mehrfach gebrochene sein. Dabei ist jedoch unbedingt als Regel zu beachten, dass die Richtung des von unten kommenden Flusses an der Trennungsstelle nie mit der Richtung des Nebenflusses oder des abgeschnittenen Armes zusammenfallen darf, sondern stets möglichst gleichmässig in der Richtung des oberen Hauptstromes sich fortsetzen soll. Wo die Natur solches nicht gegeben hat, muss also künstlich durch geeignete Regulirungswerke eine derartige Leitung des Fluthstromes geschaffen werden.

Zu einer genauen Bestimmung der normalen und streng genommen fortwährend sich ändernden Profilgrössen ist nun die Berechnung der wechselnden Wassermengen jeder Strecke unbedingt nothwendig. Man darf im Allgemeinen annehmen, dass bei halber Fluth und Ebbe die stärkste Strömung stattfindet und kann dann unter Annahme einer gewissen zulässigen Maximal-Geschwindigkeit aus der alsdann sich bewegenden Wassermenge das erforderliche Profil in seiner Grösse und Form finden. Für die Berechnung der nach der Regulirung zu erwartenden grösseren Wassermenge müssen allerdings hinsichtlich der besseren Ausbildung der Fluthwelle, namentlich der Fortschrittsgeschwindigkeiten und Höhenintervalle, gewisse Annahmen gemacht werden, weil die theoretische Berechnung der Fluthwelle in Flüssen noch zu den ungelösten Problemen der Hydraulik gehört. Man thut desshalb am Besten, die Verhältnisse ähnlicher Flüsse genau zu studiren und unter strenger Vermeidung optimistischer Täuschungen nach Analogie zu schliessen. Wenn z. B. in zwei verschiedenen Flüssen von der Mündung an gerechnet bis zu einem gewissen Punkte die wesentlichen Stücke gleich oder sehr ähnlich sind, von dort an aber stark differiren, so ist der Schluss gewiss gerechtfertigt, dass sie sich auch ferner ähnlich bleiben würden, wenn nur gewisse für die übrigen Stücke maassgebende Verhältnisse des einen denen des andern gleich gemacht würden. Auf diese Weise lässt sich namentlich für die obere Strecke des Fluthgebietes eines verwilderten Flusses mit grösster Wahrscheinlichkeit die Grösse des nach der Regulirung zu erwartenden Fluthintervalls, die Hinaufschiebung der Fluthgrenze und die Vermehrung der Fortschrittsgeschwindigkeit, danach das verstärkte hydraulische Vermögen, und endlich

die hieraus zu erwartende Verbesserung und Vertiefung des Fahrwassers bestimmen, wenn man die ungünstigeren Verhältnisse des zu regulirenden Flusses denen des ausgebildeten Flusses entsprechend geändert denkt.

Bei der Vergleichung der Elbe und Weser im § 16 ist dieses durch Zahlenbeispiele näher erläutert.

Wenn nun auch nach den vorstehenden Andeutungen die Lage und Form des Flussbettes im Allgemeinen vorgezeichnet ist, so bleibt noch die Regulirung des Bettes im Einzelnen, namentlich die Beseitigung der Sandbänke und der Ungleichförmigkeiten in den Profilen übrig. Hierzu würde man in Flusstrecken oberhalb des Fluthgebietes bei genügender Breite des Flusses und unter sonst geeigneten Umständen Buhnen oder in anderen Fällen etwa bis zum Mittelwasser reichende Parallelwerke annehmen, um das Profil des Flusses wenigstens während der gewöhnlichen Wasserstände so einzuschränken, dass sich eine möglichst gleichmässige und zusammenhängende Stromrinne ausbilden muss.

Da nun hier im Fluthgebiet von der Anlage zahlreicher Buhnen wegen der dadurch entstehenden Schwächung der Fluthwelle unbedingt und von der Anlage höherer Parallelwerke wohl meistens der Kosten wegen Abstand genommen werden muss, es ferner gar kein Uebelstand ist wenn das alte Ufer nicht ganz regelmässig läuft, vorausgesetzt dass der Hauptstromschlauch nur regelmässig gestaltet ist, so erscheint es völlig ausreichend, den letzteren so weit als nöthig mit niedrigen Paralleldämmen oder Leitdämmen (engl. *training-walls*) einzufassen. Wenn diese Dämme auf längeren Strecken zusammenhängend gebaut sind, so werden sie selbst bei niedriger Höhe ihrer Kronen den Haupt-Fluth- und -Ebbestrom nach kurzer Zeit zwingen, vorzugsweise das zwischen diesen Dämmen liegende Bett innezuhalten und zu vertiefen, während im umgekehrten Maasse die Strömung hinter den Dämmen in dem alten Bette sich abschwächen und die Vertiefungen desselben sich ausfüllen werden. Da sich ferner bei Ebbe das Fallen des Wassers in einer zusammenhängenden tiefen Rinne erfahrungsmässig früher geltend macht, als über unregelmässig tiefen und zum Theil seichten Flächen, so fällt ganz besonders bei vorgeschrittener Ebbe das Wasser des ganzen Querprofils stark nach dem eigentlichen Stromschlauche hin und vermehrt dadurch die Reinhaltung desselben von Ablagerungen. Aus diesem Grunde sind beiläufig bemerkt diese niedrigen Leitdämme im Fluthgebiet noch weit vorzüglicher als sie etwa im oberen Flusse sein würden. In Deutschland sind in oberen Flusstrecken insbesondere an Elbe und Rhein zwar höhere Parallelwerke, dagegen derartige niedrige Dämme bislang gar nicht ausgeführt und auch nur in Dalmann's Abhandlung besprochen. Ihre Anwendung ist dagegen in England ganz besonders häufig und mit Erfolg geschehen. (Näheres darüber siehe in David Stevenson's Canal and river engineering.) Es möge nur besonders noch das Zeugniss dieses praktischen Ingenieurs hervorgehoben werden, dass solche Dämme, auch wenn sie etwa nur die Höhe des Niedrigwassers haben, der Schiffahrt in keiner Weise lästig oder gar gefährlich werden, indem die Strömung zwischen den Dämmen oder im eigentlichen Strombette stets stärker als daneben ist und dadurch die etwa völlig treibenden Schiffe nie die Tendenz haben sich den Dämmen zu nähern.

Im Allgemeinen erscheint es am vortheilhaftesten die Dämme im oberen Theile des Fluthgebietes höher zu halten und sie allmählich nach unten hin fallen zu lassen. Denn dort ist das Zusammenhalten der Strömung in einem völlig geschlossenen Bette von grösserer Bedeutung, während es unten vorzüglich darauf ankommt möglichst

viel Wasser mit dem geringsten Wasserstande sich bewegen zu lassen. Die höheren Dämme werden ferner die vom Hauptbette abgeschnittenen Wasserflächen leichter verlanden lassen, was in den oberen Gegenden weniger belangreich und schädlich als in den unteren sein wird. Danach darf unten die Höhe nur etwa gleich dem Niedrigwasserspiegel und nach oben allmählich bis zur halben Fluthhöhe steigend angenommen werden. In allen Fällen sind die Dämme mit ihren oberen Anfängen an geeigneten Stellen an das Ufer anzuschliessen.

§ 14. Ausführung. Für die Ausführung der im vorigen Paragraph besprochenen Regulirungen darf gewiss als oberster Grundsatz hingestellt werden, das gestellte Ziel möglichst rasch mit den kleinsten Mitteln zu erreichen. Da nun das Fluthgebiet vor allen Flusstrecken eine besonders grosse Veränderlichkeit des Bettes besitzt, so folgt schon daraus, dass bald hier bald dort eine besonders günstige Gelegenheit vorhanden sein wird, einen Theil der projectirten Regulirungen auszuführen, dass aber auch umgekehrt nicht allein für gewisse Stellen eine Zeit lang gewartet, sondern sogar für sie die ursprünglich etwa projectirt gewesene Anlage geändert werden muss, um unbeschadet des Gesammterfolges an Kosten zu sparen. Diese bereits oben erwähnte sorgfältige Ueberwachung und Benutzung der während der Ausführung entstehenden Aenderungen erfordert allerdings einen grösseren Aufwand an technischen Kräften und Hülfsmitteln, schützt dagegen vor einer Vergeudung der ungleich höheren Baukosten.

Es giebt grössere deutsche Flüsse, an denen rücksichtslos gegen den jeweiligen Zustand das ein Jahr vorher aufgestellte Project, und zwar Buhne hinter Buhne, ausgeführt wird. Es wird allerdings damit endlich das Ziel erreicht, das Geld aber zur Hälfte ins Wasser geworfen.

Es ist daher wohl das Project in seinen Grundzügen, nicht aber auch vorher in seinen Einzelnheiten aufzustellen, und wenn auch an vielen Stellen zugleich, so doch stets auch da zu arbeiten, wo entweder rasch ein gefährlicher Uebelstand zu bekämpfen oder ein augenblicklich günstiger Umstand zu benutzen ist. Es muss daher dem die obere Leitung und Verantwortung habenden Ingenieur die vollste Dispositionsfreiheit gegeben werden, wenn nicht die günstige Zeit ungenutzt bleiben soll.

Im Uebrigen wird es stets vortheilhaft sein, ausser etwa bei Durchstichen, nie sehr kräftig an einzelnen Stellen zu arbeiten und dadurch zu gewaltthätig auf den Strom einzuwirken. Jede heftige Einwirkung auf einen Fluss ist schon in der Ausführung verhältnissmässig theuerer als eine sanftere, aber ausserdem fast stets mit übelen Nachwirkungen behaftet. Namentlich werden plötzliche Aenderungen in der Stromgeschwindigkeit ungünstige Angriffe der Sohle oder Ablagerungen zur Folge haben. So empfiehlt es sich auch Coupirungen von Nebenarmen allmählich aufzuführen um an Baumaterial zu sparen und nicht das Werk durch heftigen Uebersturz bei hohen Fluthen zu gefährden.

Da endlich die meisten baulichen Anlagen, abgesehen von etwa unbedingt zu schützenden Ufern, von etwaigen Deichanlagen u. s. w. ihren Zweck erfüllt haben und gewissermaassen bedeutungslos werden, sobald die durch sie beabsichtigte Aenderung des Flussbettes eingetreten ist, so ist eine in der Wahl der Materialien und der Dimensionen möglichst wohlfeile Bauweise durchaus geboten. Es werden z. B. Coupirungsdämme, wenn sie richtig angelegt und unterhalten werden, nach einigen Jahren verlandet sein, während in manchen Fällen die niedrigen Paralleldämme ohne Nachtheil allmählich versinken oder durch die Strömung u. s. w. sich abnutzen dürfen.

Denn das einmal richtig ausgebildete Bett wird, wenn auch nur von sehr niedrigen festen Linien eingefasst, an den meisten Stellen in seiner Lage verharren. Allerdings wird bei Anwendung billigerer Mittel unter zufälligen ungünstigen Umständen, z. B. durch hohes Oberwasser im oberen Gebiet oder durch hohe Sturmfluthen im unteren, leichter eine Beschädigung, selbst eine Unterbrechung der Arbeiten eintreten. Es fragt sich nur, ob dadurch der oberste Grundsatz, mit den geringsten Mitteln das Weiteste zu erreichen, gefährdet wird.

Die Wahl des Materials und der Constructionen hängt zu sehr von dem Local ab um darüber hier Näheres zu sagen. Während die grossartigen Correctionen auf der unteren Seine zwischen Rouen und Havre, sowie fast alle englichen Flussbauten z. B. die auf der Clyde, der Tyne u. s. w. ausschliesslich aus dem daselbst billigen Bruchsteinmaterial hergestellt sind, würde z. B. für die Elbe und Weser eine ausgedehntere Verwendung von Steinen geradezu unerschwinglich theuer kommen. Ausserdem erscheint bei dem weicheren Boden dieser Flüsse das dort verhältnissmässig billige Buschmaterial weit geeigneter und der Stein nur höchstens als Belastungskörper für den leichten Busch verwendbar. Man wird desshalb vorzugsweise auf den Bau mit Sinkstücken und Senkfaschinen angewiesen sein, da der noch billigere Packwerksbau wegen der niedrigen Höhenlage der meisten Dämme gegen die täglichen höheren Wasserstände so gut wie ausgeschlossen ist.

Endlich möge noch erwähnt werden, dass durch Stromregulirungen im Fluthgebiet noch eher als in oberen Strecken Veränderungen in den Abwässerungsanstalten der seitlich liegenden Marschen bedingt werden können, namentlich dann wenn grössere Nebenarme geschlossen und zur Verlandung gebracht werden, in welchen an ihren oberen Enden Abwässerungssiele einmünden. Da jedoch die Verlandungen meistens nicht sehr rasch erfolgen und in manchen Fällen nur in dem Grade, dass die Abwässerung gar nicht gestört wird, so muss jedenfalls mit einer Aenderung der fraglichen Anlagen gewartet werden, bis der Erfolg der Correction constatirt werden kann.

§ 15. Baggerungen. Unter den Regulirungsmitteln sind bis jetzt die Baggerungen nicht erwähnt, weil dieselben im Allgemeinen nicht diesen Namen verdienen, sondern nur den eines Hülfsmittels bei der Regulirung. Es giebt nur vereinzelte Fälle, in denen die Baggerung als selbständiges Mittel zur Ausbildung von grösseren Wasserstrassen erscheint, z. B. bei dem Bau grösserer Seecanäle oder dem bereits erwähnten Beispiele der unteren Oder, wo fast strömungslose Flussarme neu geschaffen oder erweitert werden, und endlich bei solchen Flusstrecken wo die Strömung unbedingt, wenn auch nur zeitweilig zu schwach bleibt, um die Sinkstoffe fortzuschaffen, wie z. B. in der oberen Strecke der regulirten Clyde. In allen anderen Fällen ist das Baggern entweder nur als ein zwar unentbehrliches, aber in seiner Wirkung nicht selbständiges Hülfsmittel der Regulirung, oder als ein vorübergehendes wenn auch nützliches Palliativmittel oder gar als eine missbräuchliche und verschwenderische Operation anzusehen, welche nur im Mangel einer wirklichen nachhaltigen Regulirung ihren Grund hat. Es wird freilich eine sehr schwierige Aufgabe des Ingenieurs bleiben, im Voraus rechnungsmässig zu entscheiden, wo das Baggern anfängt entbehrlich oder unentbehrlich zu werden, und in den meisten Fällen wartet man nach der einen oder anderen Richtung die Erfahrung ab. Andererseits ist fast stets gewiss, dass die Zinsen, Unterhaltungs- und sonstigen Kosten einer rationellen Regulirung ungleich geringer sind als die aus Mangel einer solchen jährlich wiederholten Baggerungskosten, selbstverständlich unter Annahme eines gleichguten Fahrwassers.

Die Fälle, in denen zweckmässigerweise im Fluthgebiete der Flüsse die Baggerung einzutreten hat, können etwa folgendermaassen unterschieden werden. Es erscheint

zunächst zweifellos, dass auch nach rationell durchgeführter Regulirung dauernd gebaggert werden muss, wenn in der oberen Gegend des Fluthgebietes, namentlich da, wo der Fluthstrom aufhört, noch eine erheblichere Wassertiefe erhalten werden soll, als die nur zeitweilig eintretende Ebbeströmung zu erzeugen im Stande ist. Dasselbe findet überhaupt statt, wenn der Fluss über das Maass der durch blosse Regulirung zu ermöglichenden Tiefe gebracht werden soll, wie z. B. bei der Clyde geschehen ist.

Daneben ist aber die Baggerung während der Ausführung der eigentlichen Regulirungsarbeiten kaum zu entbehren, wenn man auf längeren und grösseren Angriff berechnete und daher weit kostspieligere Regulirungswerke vermeiden und den Erfolg der ganzen Regulirung wesentlich beschleunigen will. Man kann nämlich z. B. durch eine rechtzeitige Durchbaggerung einer Sandbank die Wirkung der daneben angelegten Werke so unterstützen, dass etwa um ein halbes oder volles Jahr früher die planmässige Ausbildung der fraglichen Strecke erfolgt. Ausserdem würden ohne eine solche Durchbaggerung vielleicht gerade in der ersten Zeit die Regulirungswerke selbst durch zufällige Umstände der theilweisen Zerstörung ausgesetzt werden.

Endlich wird für eine frequente Schiffahrtsstrasse die Baggerung selbst nach gelungener Regulirung auch in den mittleren Strecken wohl nie ganz überflüssig werden, weil durch besonders hohe Sturmfluthen, ausserordentliches Oberwasser u. s. w. auch dort vorübergehend in dem Hauptstrombette Ablagerungen entstehen können, deren möglichst rasche Durchbrechung mit einer gewissen Fahrtiefe der Handel gebieterisch fordert. Die blosse regelmässige Strömung würde dazu nicht rasch genug arbeiten und sogar vielleicht vor glücklicher Beseitigung der Ablagerungen neue Uebelstände im Fahrwasser z. B. Ausbildung einer falschen Rinne aufkommen lassen.

Es kann daher nur gebilligt werden, wenn für einen grösseren Fluss ausreichende Bagger in Bereitschaft gehalten werden, wobei es als selbstverständlich gelten darf, dass dieselben nach übereinstimmendem Plane und nach Maassgabe des wirklichen Bedürfnisses in Thätigkeit zu setzen sind.

Als ein nicht unbedeutender Gewinn stellt sich in manchen Fällen der Werth des gebaggerten Materials heraus. Während der Ausführung ist zunächst dasselbe möglichst zur Verstärkung der eigentlichen Regulirungswerke z. B. oberhalb Coupirungen, hinter Paralleldämmen u. s. w. zu verwenden. Nach der Ausführung ist es meistens zur Aufhöhung von Niederungen, zu baulichen Etablissements u. s. w. sehr gut zu gebrauchen.

Unbequem wird das gebaggerte Material freilich, wenn dasselbe keine Verwendung finden kann und alsdann da abgelagert werden muss, wo es wenigstens unschädlich ist. Es tritt dann die Nothwendigkeit ein, es zeitweise auf weite Strecken zu verfahren. Für grössere Flüsse und bedeutendere Entfernungen kann nach den auf dem Suez-Canal, der Clyde und der Tyne gemachten Erfahrungen unbedingt zur Fortschaffung des Baggermaterials die Anwendung grosser Dampfprahme im Gegensatz zu kleinen von besonderen Dampfern zu schleppenden Prahmen empfohlen werden. Auf der Clyde haben sich die Kosten des Transports und der Beseitigung des Materials pro Kubikyard in beiden Fällen wie 8,1 zu 27,2 Pence, also günstiger als 1:3 gestellt.

Bei der in Cap. XVII gegebenen Darstellung der Baggermittel ist über diese Dampfprahme Näheres angegeben.

Wo das Material unschädlich abzulagern sein wird, muss in jedem einzelnen Falle mit Sorgfalt vorher erwogen werden, weil einerseits die Grösse insbesondere

der Tiefgang der Prahme u. s. w. hiervon abhängt, andererseits durch ungeeignete Ablagerung für das Fahrwasser oder auch nur für die Offenhaltung der Seitenbassins ein Nachtheil entstehen kann. Wo grosse und tiefe abgeschnittene Seitenarme vorhanden, wird man ohne Schaden dieselben bis etwa 1^m unter Niedrigwasser anfüllen dürfen. Ferner erscheint es in Anbetracht der grossen Ersparung nicht fehlerhaft, das Material während der starken Ebbeströmung mitten in dem Stromstrich eine Strecke oberhalb der Mündung auszuschütten, anstatt es noch weiter zu verfahren. Doch ist hierbei Vorsicht und sorgfältige Untersuchung eines etwa schädlichen Erfolgs geboten.

§ 16. Beispiele von Correctionen im Fluthgebiet. Es kann nicht die Absicht sein in den nachstehenden Beispielen eine genaue Beschreibung der betreffenden einzelnen Flüsse zu liefern, sondern es sollen vorzugsweise nur Belege für die bereits vorgetragenen allgemeinen Lehren gegeben und zwischen sehr ähnlichen oder unähnlichen Flüssen einige Vergleiche gezogen werden. Der Werth ähnlicher bereits corrigirter Flusstrecken für die noch vorzunehmende Regulirung anderer ist schon im § 13 hervorgehoben. Es mag aber auch gleichzeitig gewarnt werden, bei dem individuellen Charakter eines jeden Flusses, nach äusserer Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit von einem Fall auf den anderen zu schliessen. Es ist in dieser Hinsicht z. B. schon in den vorhergehenden Betrachtungen darauf hingewiesen, dass an gewissen Flusstrecken fast nur mit Hülfe von Baggerung eine Vertiefung zu erreichen und zu erhalten ist, während die gleiche Tiefe an einer anderen Strecke oder auf einem anderen Flusse ungleich billiger durch Regulirungswerke zu beschaffen sein wird.

Als geeignete Beispiele erscheinen zunächst einige englische Flüsse, theils weil an diesen bereits am kräftigsten gearbeitet worden ist, theils aber weil sie wegen ihres geringen Zuflussgebiets und einer sehr lebhaften Fluthwelle von der See her fast nur als Tideflüsse Bedeutung haben. Hinsichtlich der starken Fluthwelle in der Mündung sind die französischen Flüsse Seine, Loire und Garonne mit ihnen verwandt, weichen jedoch wieder sehr erheblich durch ihren langen oberen Lauf von ihnen ab. Besonders eigenthümlich ist bei diesen französischen Flüssen das starke Ebbegefälle und die desshalb vorhandene Neigung zur Bildung des Bore. Die dritte Gruppe endlich würden die sich in die Nordsee ergiessenden Flüsse von der Schelde bis zur Elbe bilden, bei welchen eine mässige Fluthwelle in ein grosses und schwach geneigtes Strombette tritt.

Die Clyde in Schottland möge nun als erstes Beispiel voranstehen, weil sie wohl die ältesten Fluthregulirungsarbeiten und die bedeutendsten Erfolge aufzuweisen hat. Sie ist in ihrem Fluthgebiete auf Taf. XLV, Fig. 3 in der Situation, auf Taf. XLVIII, Fig. 15 im Längenprofil dargestellt. Ausserdem giebt Fig. 2 auf Taf. XLV ein anschauliches Bild der durch die Regulirung äusserlich geschaffenen Veränderungen. Sie besitzt im Ganzen ein Zuflussgebiet von etwa 55 Quadratmeilen, entspricht also an Grösse etwa der Haase vor ihrer Mündung in die Ems, während die Weser oberhalb Bremen etwa 750, die Elbe oberhalb Hamburg etwa 2500 Quadratmeilen Zuflussgebiet haben. Aus den in gleichem Maasstabe gezeichneten Karten der unteren Strecken dieser Flüsse auf Taf. XLV geht ausserdem die verhältnissmässige Kleinheit der Clyde recht deutlich hervor. Weil dieselbe also für gewöhnlich einen sehr geringen oberen Zufluss hat, und dicht oberhalb der Brücken in Glasgow mit einem Wehr so versperrt ist, dass die Fluthwelle darüber hinaus bei tauben Tiden gar nicht, bei anderen also nur sehr unbedeutend flussaufwärts dringt, so fehlt es daher in der oberen auf etwa 120 bis 140^m Breite und $7^m,5$ Tiefe unter Hochwasser gebrachten

Strecke ihres Fluthgebietes fast gänzlich an Strömung. Dieser Theil des Flusses ist vielmehr als das Ende eines Sack-Canales oder eines langen Hafenbassins anzusehen. Ohne Baggerung würde unfehlbar nach einigen Jahren allein in Folge der von oben herabtreibenden Sinkstoffe dieses Bassin auf einige Kilometer Länge bis nahe zu seiner alten Sohlenhöhe wieder aufgelandet sein.

Es besitzt jedoch die Clyde von der untersten Brücke in Glasgow bis Port Glasgow nahe oberhalb Greenock nur 29^{Km} Länge, von wo die meerbusenartige Mündung, der Firth of Clyde, beginnt. Es ist desshalb nur bei dem reichlich 3^m bei Springtiden betragenden Fluthintervall in der Mündung durchaus nicht zu verwundern, dass nach gründlicher Regulirung und Vertiefung des Bettes das Fluthintervall jetzt in Glasgow noch um einige Centimeter grösser geworden ist als jenes in der Mündung, während es vor der Regulirung nur etwa $0^m,4$ im Ganzen betrug. Mit anderen Worten: das Intervall bei Glasgow ist etwa um das achtfache durch die Regulirung vergrössert, und da die Oberfläche nahezu verdoppelt ist, so ist für gewisse Strecken das hydraulische Vermögen etwa 16mal so gross geworden als früher. Begreiflicher Weise ist diese Zunahme am unteren Ende nicht so erheblich, weil hier die alten Fluthverhältnisse nahezu dieselben geblieben sind, und ebenso wird an dem obersten Ende die relativ sehr grosse Vermehrung des hydraulischen Vermögens absolut oder als eigentliche Stromkraft wenig mehr zur Geltung kommen. Nahezu in gleichem Maasse wie die Fluthintervalle haben sich die Wassertiefen in der oberen Strecke vermehrt und zwar von etwas über 1^m auf etwa $7^m,5$. Und in dieser Beziehung ist gerade das Resultat der Clyde-Regulirung einzig in seiner Art zu nennen. Siehe Fig. 15, Taf. XLVIII.

Es würde hier zu weit führen die allerdings äusserst interessante Geschichte der Clyde-Correction ausführlich zu erzählen. Im Einzelnen möge hierüber auf den Bericht von Deas und auf Dalmann verwiesen werden. Während der Jahre 1773 bis 1835 wurde der Fluss, trotz seiner Eigenschaft als Tidefluss, fast ganz wie ein Fluss oberhalb des Fluthgebietes behandelt. Man brachte ihm im Laufe jener Jahre über 200 Buhnen bei und zwängte ihn damit auf eine durchschnittliche Breite von etwa 60^m ein. Bei der geringen Länge des Flusses und der lebhaften Fluthwelle vor und in der Mündung wurde dadurch die Fluthentwickelung nicht ganz erstickt; es gelang sogar im Gegentheil die enge Stromrinne zu vertiefen und den Fluthwechsel bei Glasgow auf über 2^m zu bringen. Hiermit würde aber unter Beibehaltung desselben Regulirungsprincipes die Leistungsfähigkeit des Flusses wahrscheinlich ihr Ende gefunden haben. Vergeblich hatten schon in den Jahren 1806 und 1807 Telford und Rennie eine Erweiterung des Flusses und die Ausführung von Paralleldämmen statt der Buhnen vorgeschlagen. Nachdem mit Hülfe der im Jahre 1823 zuerst gebrauchten Dampfkraft für die Baggerung freilich die Tiefe noch etwas, die Kosten der Vertiefung aber sehr erheblich zugenommen hatten, und man einsah, dass zu einer wesentlichen Vertiefung unverhältnissmässig höhere Kosten für Baggerungen aufzuwenden seien, tauchte auch dort, ähnlich wie anderswo, die Idee auf, den Fluss zu verlassen und einen Canal zu graben. Glücklicherweise beseitigte Walker diese unheilvolle Idee und brachte in den Jahren 1835 bis 1840 sein rationelles Project einer Erweiterung der oberen, etwa $^3/_4$ des ganzen Flusslaufes betragenden Strecke durch. Dasselbe ist im Wesentlichen und sogar gesteigert in den späteren Jahren bis jetzt zur Ausführung gekommen, wodurch für die unteren Strecken wegen Vermehrung des nach oben fliessenden Fluthwassers eine genügende Stromkraft gewon-

nen wurde, wenngleich in den oberen Strecken wegen dort mangelnder Stromkraft die Baggerungen sehr bedeutend vermehrt werden mussten. Die neuen Ufer des Flusses sind jetzt in reichlich kostspieliger Weise durch Steinschüttung befestigt und die zu weiten unteren Flusstrecken mit sehr zweckmässigen niedrigen Paralleldämmen regulirt, auf welchen an geeigneten Stellen Baken und selbst kleine Leuchtfeuer stehen. Die ganze Clyde macht jetzt von Greenock bis Glasgow den Eindruck eines grossartigen Canals. Vergl. Fig. 2, Taf. XLV. Ebenso imposant als die Stadt selbst mit ihren neuen Docks und grossen Speichern ist der Anblick der zahlreichen Werften für eiserne Schiffe, welche auf etwa 10^{Km} Länge fast ohne Unterbrechung die Ufer besetzen. Dass Schiffe mit 3000 Tons Gehalt und fast 7^{m} Tiefgang an die Stadt kommen und dass in den letzten Jahren im Durchschnitt etwa $2\,^1/_3$ Millionen Tons ein- und ausgegangen sind, möge endlich noch erwähnt werden. Neben diesen grossartigen Erfolgen verdienen aber auch die ungeheuren Kosten einige Beachtung, welche die Stadt Glasgow zur Erreichung jener Ziele aufgewandt hat. Nach Deas' speciellerer Angabe sind seit 1770 bis 1875 reichlich 136 Millionen Mark für die Regulirung der Clyde, einschliesslich der Kosten für Hafenwerke, Landankäufe zur Verbreiterung u. s. w. verausgabt. Es bleiben aber selbst nach Abzug aller Nebenanlagen die Kosten der eigentlichen Regulirung so enorm hoch, dass sie nur zum Theil durch den mehrfachen Wechsel des Systems zu erklären sind. Einen nicht unbedeutenden Theil der Kosten haben die Baggerungen verursacht, indem seit 1846 bis 1876 allein etwa 14 Millionen kb^{m} gebaggert sind. Die grösste Leistung der zur Zeit in sieben grossen Baggern von zusammen 329 Pferdekraft vereinigten Maschinenthätigkeit betrug im Jahre $18^{74}/_{75}$ nicht voll 1 Million kb^{m}. Mit dem Baggermaterial sind die früheren zum Theil eingedeichten Niederungen, sowie die zahlreichen Fabrikplätze wasserfrei aufgehöht. Die sehr vollkommenen Einrichtungen zum Transport der Baggererde nach den unteren Flusstrecken, insbesondere nach dem Loch Long, einem Meerbusen in der Nähe der Mündung, sind in Cap. XVII näher erwähnt. Die Ablagerung des Baggerguts in dem Loch Long ist auf der Karte Taf. XLV, Fig. 3 als Insel angegeben.

Die nahe der Grenze von England und Schottland in die Nordsee mündende Tyne (siehe Taf. XLIV, Fig. 4 und Taf. LIX, Fig. 7) ist in ähnlicher Weise wie die Clyde vorzugsweise durch starke Baggerungen in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert. Sie hat ein noch geringeres und weniger nachhaltiges Zuflussgebiet als die Clyde und kann als ein blosser Küstenfluss gelten. Trotzdem ist ihre untere Strecke zwischen den sich an der Mündung gegenüberliegenden Städten North- und South-Shields bis zu dem 16^{Km} oberhalb belegenen Newcastle der Sitz einer grossartigen Eisen- und Schiffsbau-Industrie, sowie eines jährlich etwa 18000 Schiffe beschäftigenden Kohlenexports. Nur 13^{Km} oberhalb Newcastle, also etwa 29^{Km} von der Mündung ist der Fluss schon durch ein Wehr abgesperrt. Zu Anfang dieses Jahrhunderts war der Fluss auf der unteren Strecke kaum für kleine Schiffe fahrbar, indem bei Newcastle während Niedrigwasser nur etwa 1^{m} Wasser blieb. Dabei beträgt in der Mündung das Fluthintervall $4^{m},4$ bei Springtide und etwa $3^{m},4$ bei tauber Tide, und war bei Newcastle, bis wo sich die Hochwasserlinie horizontal stellte, um etwa 1^{m} geringer. Trotz eines von Rennie im Jahre 1816 aufgestellten ziemlich rationellen Planes einer mässigen Einschränkung der zu grossen Breiten und Erweiterung der zu engen Stellen wurden seit 1836 sehr unzweckmässige und erhebliche Einschränkungen durch steile Holzbuhnen ausgeführt, deren Zwischenräume bis über

die Höhe der Springfluthen mit Baggersand und Schiffsballast aufgehöht wurden, so dass der Fluss dadurch $^1/_{16}$ seiner Hochwasseroberfläche verlor. Es wird von englischen Ingenieuren behauptet, dass sich das Fahrwasser dadurch erheblich verschlechtert habe. Indem jedoch seit dem Jahre 1838 der Betrieb der Dampfbagger auf der Tyne eröffnet wurde, freilich in den ersten Jahren nur mit etwa 15 bis 20000 kb^m pro Jahr, und dieser Betrieb, allmählich gesteigert, im Jahre 1866 sogar die Höhe von etwa $3^1/_2$ Millionen kb^m ausgehobener Masse annahm, ist es dennoch gelungen das Fahrwasser im Durchschnitt um $3^m,3$, bei Newcastle um 4^m zu vertiefen. Die Fluth ist dabei am letztgenannten Punkte um $0^m,15$ gestiegen, die Ebbe um $1^m,07$ tiefer gefallen.

Eine besondere Schwierigkeit bot ausserdem die Barre vor der Tyne-Mündung siehe Taf. LIX, Fig. 7, auf welcher im Jahre 1849 nur 2^m Wassertiefe bei Niedrigwasser vorhanden war. Es verfolgte die ein- und ausgehende Strömung nicht dieselben Bahnen in der weiten trichterförmigen Mündung, indem sie bei der Fluth an dem südlichen Ufer, bei Ebbe an dem nördlichen Ufer der Küste entlang lief. Ausserdem werden bei der nicht bedeutenden Tiefe des Meeres auch die Wellen eine gewisse Riffbildung verursacht haben. Man beschloss deshalb, zur Durchbrechung der Barre mittelst des zusammengehaltenen Fluth- und Ebbestromes, sowie nicht minder um die bislang so äusserst gefährliche Einfahrt der Tyne etwas mehr zu sichern, zwei grosse Molen oder Piers anzulegen. Von der specielleren Anordnung dieser Molen ist im Cap. XVII, § 5 gelegentlich der Anordnung von Hafeneinfahrten die Rede. Es mag hier nur noch bemerkt werden, dass allein im Jahre 1852 innerhalb etwa 20 Seemeilen von der Tyne-Mündung 103 Schiffbrüche und unter diesen 48 Totalverluste vorgekommen sind. Dieselben sind zum grossen Theil der Barre, die nur bei Hochwasser zu passiren war, zuzuschreiben. Schon im Jahre 1872, wo die Molen etwa auf $^3/_4$ ihrer Länge vollendet waren, hatte die Tiefe auf der Barre bis etwa $8^m,2$ unter Niedrigwasser zugenommen, sodass damit die Mündung jederzeit passirbar geworden war. Ob sich nicht mit der Zeit, wenn die Küstenströmung den Sand an der Aussenseite der Molen bis zu ihren Köpfen abgelagert haben wird, aufs Neue eine Barre vor denselben bilden wird, gilt noch als offene Frage. Bei grossen Flüssen würden derartige Molenbauten weder so nothwendig noch so nützlich sein wie bei einem so kleinen Flusse.

An den übrigen englischen Flüssen ist im Vergleich zur Clyde und Tyne wenig durch Kunst geschehen. An den meisten von ihnen sind jedoch die natürlichen Verhältnisse schon sehr interessant. Ebenfalls an der Ostseite und in der Nähe der Tyne mündet der Humber, der aus dem Zusammenfluss der Flüsse Ouse, Don und Trent entsteht. Er gilt in Bezug auf die Schiffahrt als der beste Fluss Englands, denn von seiner Mündung bei Spurnpoint bis zu der 23^{Km} oberhalb belegenen grossen Hafenstadt Hull hat er mindestens 8^m Tiefe bei Niedrigwasser, und dabei dicht an der Mündung bei dem neuen Hafenorte Gr. Grimsby $5^m,8$, bei Hull sogar $6^m,2$ Intervall bei gewöhnlicher Springfluth. Es läuft ferner die Welle in der Mündung mit $11^m,5$ Geschwindigkeit in 1 Secunde und von Gr. Grimsby bis Hull mit 8^m. Die Fluth erstreckt sich etwa 90^{Km} oberhalb Hull bis in die Nähe von York die Ouse hinauf, weil dieser sonst unbedeutende Fluss ein sehr geringes Gefälle hat.

Die Themse (Thames) ist der grösste Fluss Englands und besitzt eine weite Mündung, in welche eine sehr lebhafte Fluthwelle mit etwa 18^m Geschwindigkeit pro Secunde eintritt. Das Intervall ist bei Sheerness in der Nähe der Mündung $4^m,9$ und bei der etwa 67^{Km} oberhalb liegenden London-Brücke $5^m,9$ bei gewöhnlicher Springfluth, wobei jedoch die Fortschrittsgeschwindigkeit der Welle auf etwa $11^m,5$ pro Secunde abnimmt, der Scheitel der Welle aber um $0^m,6$ steigt. Es verbleibt danach für die Niedrigwasserlinie ein negatives Gefälle von $0^m,4$. Vergl. § 10. Etwa 29^{Km} oberhalb der London-Brücke liegt ein Wehr, welches die freie Entwickelung der Fluth nach oben hin hemmt. In den letzteren Jahren ist durch die Einfassung der früher sehr unregelmässigen Themse-Ufer in London mit glatten Mauern (Thames-Embankment) die Fluthwelle noch verstärkt worden.

An der Westseite Englands kommen namentlich noch der zweitgrösste Fluss, der Severn, und endlich der Mersey in Betracht. Ersterer zeigt wohl die grossartigsten und eigenthümlichsten Fluthverhältnisse von allen europäischen Flüssen, hat aber dabei noch keine Regulirungsanlage veranlasst. Seine Mündung liegt in dem Bristol-Canal, kann jedoch wegen der weiten Trichterform nicht an einer bestimmten Stelle angegeben werden. Wo sich bei Lundy-Island die beiderseitigen Ufer zum ersten Male stark nähern ist die Breite des Bristol Canals noch 59^{Km}. Dort ist das Fluthintervall (vergl. Fig. 1, Taf XLIV) 9^{m} bei Springfluth. Bei dem 38^{Km} oberhalb belegenen Cardiff ist das Intervall auf 11^{m} gestiegen, dabei läuft der Scheitel der Welle aber noch etwa 24^{m} in 1 Secunde. Schon 8^{Km} weiter aufwärts beträgt das Intervall $14^{m},6$ und die Scheitelgeschwindigkeit noch 16^{m}. Bei der etwa 10^{Km} oberhalb belegenen Mündung des Nebenflusses Wye steigt die Intervallhöhe auf ihr Maximum von $15^{m},2$. Kurz vor dieser Stelle durchsetzt ein Felsrücken das dort nur etwa 400^{m} breite Strombett und erzeugt daselbst zu Anfang der Fluth eine ungeheure Stromgeschwindigkeit, darauf aber durch die Verzögerung des unteren Theils der Welle und das raschere Nachdringen des Gipfels den Bore, welcher jedoch erst etwa 16^{Km} weiter oberhalb wirklich erscheint. Derselbe läuft mit etwa 5^{m} in der Secunde und 1^{m} Wellenhöhe flussaufwärts, wobei die Geschwindigkeit in tiefem Wasser zunimmt, die Höhe dagegen abnimmt. Die Fluth läuft von dem erstgenannten Punkte etwa 235^{Km} weit aufwärts, wobei sie jedoch oberhalb der Wye-Mündung continuirlich wieder an Höhe abnimmt. Bei dem grossen Gefälle des Flusses, welches an einzelnen Stellen bis zu 1 : 2640 geht, erscheint die Anlage von Wehren selbst im Fluthgebiete nicht unpassend. Frühere Vertiefungen an einzelnen Stellen haben keinen Erfolg für die Schiffbarkeit gehabt.

Der die zweitgrösste Hafenstadt Englands, Liverpool, an seinem Ufer tragende Mersey zeichnet sich ebenfalls durch ein bedeutendes Fluthintervall von etwa 8^{m} bei mittlerer Springtide in der Mündung aus, sowie durch die seeartige Weite von 3500^{m} bis zu dem etwa 4^{Km} oberhalb belegenen Liverpool, ganz besonders durch die dort bei etwa 1000^{m} Breite zwischen dem Ufer von Liverpool und Birkenhead stattfindende Fahrwassertiefe von 18^{m}. Der übrigens ganz unbedeutende Küstenfluss ist etwa 37^{Km} oberhalb Liverpool schon durch ein Wehr gesperrt. Man hat jedoch mehrfach in Erwägung gezogen, durch Beseitigung des Wehres und Regulirung der oberen etwa 32^{Km} langen Strecke die Seeschiffahrt bis zu dem grössten Fabrikorte Manchester auszudehnen. Weil die Mündung sehr weit und das Fluthgebiet sehr kurz ist, so findet sich vor der Mündung eine Barre von etwa $3^{m},5$ Tiefe bei Niedrigwasser Springtide.

Von den französischen Flüssen ist die Seine besonders interessant und zwar sowohl hinsichtlich ihrer natürlichen Verhältnisse als ihrer Regulirungen. Die Bedingungen für die Schiffahrt zwischen dem an der Mündung belegenen Havre und der bedeutenden Stadt Rouen waren vor der seit etwa 1846 begonnenen Regulirung sehr schlecht, indem sich das Fahrwasser in der unteren sehr weiten Strecke oft verlegte und viele Untiefen von nicht mehr als $0^{m},5$ unter Niedrigwasser bildete. Ausserdem litt der Fluss an einem heftigen Bore, welcher in Folge der weiten Mündung, der lebhaften und hohen Fluth in derselben von $7^{m},2$ bei gewöhnlichen Springtiden und dem seichten Flusschlauche sowie dem starken, bis zu 1 : 8000 gehenden Ebbegefälle oberhalb sich leicht erklärt. Derselbe lief in der ganzen Breite des Flusses mit grosser Geschwindigkeit und 1 bis 2^{m} Höhe als brandende steile Welle, welche einige Minuten hindurch von mehreren sanfteren Wellen wiederholt wurde und dabei durch Rückprall an gewisse gekrümmte Uferstrecken ihre Richtung plötzlich änderte. Namentlich hierdurch soll er den Untergang zahlreicher Schiffe veranlasst haben. In tiefen Flusstrecken verschwand die steile Welle und an ihrer Stelle trat eine längere, aber noch höhere Welle auf, welche den Ufern besonders schädlich wurde. Der eigentliche Bore wiederholte sich jedoch mehrfach nach jeder erheblichen Untiefe.

Der Zweck der Regulirung war zunächst diese Schiffahrtshindernisse überhaupt zu beseitigen und sodann die eigentliche Seeschiffahrt bis zu dem 124^{Km} oberhalb Havre gelegenen Rouen auszudehnen. Schon vor der Regulirung ging die Fluth noch einige Kilometer oberhalb Rouen und war ausserdem die Tiefe in der oberen Strecke des Fluthgebiets verhältnissmässig sehr viel günstiger als in der unteren. Das Regu-

lirungsproject ist nicht völlig einheitlich aufgestellt und durchgeführt, weil im Anfange die Meinungen der Ingenieure zu weit auseinandergingen. Es möge kurz erwähnt werden, dass Poirée im Jahre 1844 sogar vorschlug, etwa 80^{Km} oberhalb Havre, am Ende der Anfangs weiten, sich trichterförmig verengenden Bucht bei Quillebeuf ein Wehr quer durch den ganzen Strom mit Ausnahme einer 400^{m} weiten Oeffnung zu legen, dessen feste Krone mit Niedrigwasser Springtide gleiche Höhe haben und darüber ein bewegliches bei Fluth sich öffnendes, bei Ebbe sich schliessendes Klappenwehr erhalten sollte. Hierdurch hoffte Poirée den Niedrigwasserstand bei Rouen um 1^{m} zu erhöhen. Dieser Vorschlag ist glücklicherweise nicht zur Ausführung gekommen.

Der nach und nach verbesserte Plan der Regulirung besteht nun in der Ziehung von Paralleldämmen, welche durchaus rationell von oben nach unten eine von 300 bis 1000^{m} zunehmende Flussbreite einfassen. Nur hat man in der ersten Zeit bei einer im Ganzen von oben nach unten hin fortschreitenden Ausführung die Dämme übermässig hoch bis zum vollen Hochwasser der Springtiden geführt und dadurch die Menge des Fluthwassers oder das hydraulische Vermögen beschränkt. Später und in den unteren Strecken sind jedoch in zweckmässiger Weise die Dämme nur $0^{m},5$ bis 1^{m} über Niedrigwasser Springtide gebracht worden. Die Dämme sind aus geschütteten Bruchsteinen aufgeführt, wozu das Material an einigen Stellen des aus Kalkfelsen bestehenden Hochufers gewonnen und zum Theil auf Eisenbahnen in die zum Verschütten der Steine besonders eingerichteten Fahrzeuge transportirt wurde. Die Kronenbreite der Dämme ist etwa 2^{m}, die Böschung landseitig einmalig, und nach der Wasserseite je nach der Belegenheit und den Angriffen des Bore von 1:1,5 bis 1:8. Die Oberflächen sind soweit als möglich mit Sorgfalt gepackt. Hinter den Dämmen ist eine ungemein rasche Auflandung eingetreten, indem die untere Seine besonders reich an Sinkstoffen ist. Nach Arago soll zur Zeit der stärksten Trübung das Wasser 1:2000 feste Stoffe enthalten. Eine gewisse Mitwirkung der starken Trübung und raschen Auflandung übt zweifellos der den Grund aufwühlende Bore aus. Die durch die Dämme zur Auflandung gebrachten Flächen belaufen sich auf 8600^{Ha}, deren Werth zu etwa 21 Mill. Fr. berechnet ist. Damit würden die zu etwa 15 Mill. Fr. angegebenen Baukosten mehr als gedeckt sein.

Der Erfolg der verhältnissmässig nur unbedeutend durch Baggerungen unterstützten Regulirung ist, dass statt der früher nur mit Gefahr, nach mindestens 4 Tagen, mit etwa 100 bis höchstens 200 Tonnen-Ladung nach Rouen gelangenden Schiffe, jetzt solche von über 1000 Tonnen mit 5^{m} Tiefgang ohne Gefahr, und mit Dampfkraft in 8 bis 10 Stunden von Havre bis Rouen kommen können. Nur auf einer Stelle, auf der Bank „des Meules", schwanken zeitweilig die Wassertiefen zwischen 4^{m} bis $6^{m},5$, doch haben sie nur auf kurze Zeit eine geringere Tiefe als 5^{m}. Man hofft, dass nach Beseitigung dieser Bank Schiffe mit 6^{m} Tiefgang bis Rouen fahren können. Der Bore ist bis auf schwache Spuren so gut wie verschwunden.[12])

Die Regulirung der unteren Loire, des grössten Flusses in Frankreich, zwischen dem an der Mündung belegenen St. Nazaire und dem etwa 54^{Km} oberhalb gelegenen Nantes ist trotz der grossen Mängel dieser Strecken und der erheblichen Fluth von $5^{m},50$ bei ordinärer Springtide am ersteren und von $1^{m},67$ am letzten Punkte wohl hauptsächlich wegen der neuen Hafenanlage in St. Nazaire und der Eisenbahnverbindung mit Nantes wenig gefördert. Dalmann beschreibt ein auf rationeller Grundlage aufgestelltes Project ausführlicher.

[12]) Speciellere Angaben siehe Dalmann und die amtlichen Berichte der Pariser und Wiener Ausstellung von 1867 und 1872.

Die eigenthümlichen Bauten an der Mündung des Adour, welche in der neuesten Zeit zur Ausführung gebracht sind, haben weniger den Zweck den Fluss selbst zu reguliren, als für den an der Mündung belegenen Hafen Bayonne eine bessere Einfahrt zu gewinnen. Sie finden daher im Cap. XVII bei den Hafeneinfahrten ihre Besprechung. Die Construction der Hafendämme ist in Fig. 12, Taf. LXI dargestellt.

Die Fluthgebiete der Schelde, der Maas und des Rheines mit ihren vielfachen Verzweigungen, Verbindungen und besondere Namen tragenden Unterabtheilungen sind zwar sehr interessant aber zu complicirt in ihren Verhältnissen um hier als Beispiele mitgetheilt werden zu können. Die Regulirungen haben dabei bis jetzt in der Hauptsache in Schliessung von Nebenarmen bestanden, ausserdem in der unteren Maass zur Verbesserung der Fahrt nach Rotterdam in dem Durchstich einer vortretenden Landzunge, des Huk von Holland. Dieser etwa 5^{Km} lange und 300^{m} breite Durchstich, s. nachstehende Fig. 5 und Fig. 7, Taf. XXXV, hat den Zweck den Ebbe- und Fluthstrom der Maas in fast grader Linie von Rotterdam zur See zu leiten, weil die alte in zwei Arme getheilte Maasmündung

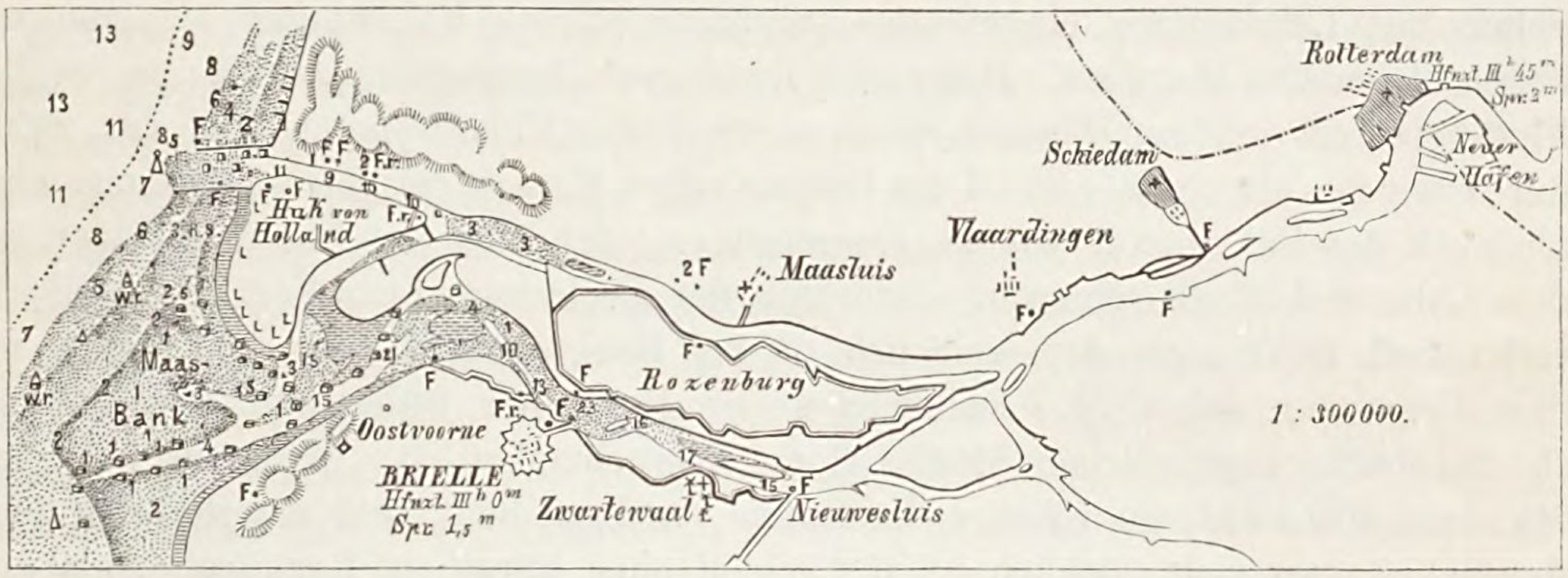


Fig. 5.

zu geringe Tiefe bot. Man hofft mit Hülfe dieses Durchstichs dem verkürzten nördlichen Arme das Uebergewicht über dem südlichen zu geben. Es scheint indessen bei der grossen Weite des letzteren und der geringen Weite des Durchstichs kaum wahrscheinlich, dass ohne erhebliche künstliche Erweiterung desselben das gewünschte Ziel erreicht werden wird. Es muss übrigens hinsichtlich dieses Stromnetzes auf Dalman, die Mittheilungen von Caland (Allgem. Bauz. 1864) und verschiedene Mittheilungen in den Verhandelingen van het Kgl. Instituut v. Ingen. verwiesen werden.

Von den deutschen Flüssen kommen vorzüglich die Ems, Jade, Weser und Elbe in Betracht, während die an der schleswig-holsteinschen Küste austretenden Eider, Hever u. s. w. nur ein locales Interesse besitzen.

Die Ems ist bekanntlich im oberen Laufe nur sehr unbedeutend (freilich weit grösser als Clyde und Themse) sie gewinnt jedoch in ihrem Fluthgebiet und besonders unterhalb des von ihr durchströmten Meerbusens Dollart eine erhebliche Weite und Tiefe. Dieser durch Sturmfluthen (siehe § 3) entstandene Busen bildet bei Hochwasser ein etwa 20000^{Ha} grosses Spülbassin, welches sich etwa zu $^2/_3$ der im Ganzen $2^m,82$ betragenden Fluthhöhe mit Wasser füllt, während etwa $^1/_3$ dieser Höhe durch die bei Niedrigwasser trocken laufenden Schlickflächen eingenommen wird. Oberhalb des Dollart erstreckt sich die Fluth noch etwa 36^{Km} weit die Ems hinauf, sie nimmt jedoch schon nach etwa 18^{Km} bei der Mündung der Leda oder dem Hafen von Leer auf 2^m und nach weiteren 12^{Km} bei Papenburg auf $1^m,3$ Höhe bei gewöhnlichem Hochwasser ab. Ausserdem ist der obere Lauf nur eng und enthält desshalb keine bedeutende Fluthwassermenge. Unterhalb des Dollart erweitert sich die Mündung der Ems trichterförmig von etwa $4,5^{Km}$ auf 9^{Km} Breite, wobei sich der tiefere Stromschlauch in zwei die Insel Borkum umfassende Arme, die Wester- und Oster-Ems spaltet. Bei dieser etwa 45^{Km} oder 25 Seemeilen von dem Mittelpunkt des Dollart oder von der an dessen Nordseite belegenen Hafenstadt Emden entfernten Insel, also im offenen Meere, beträgt das gewöhnliche Fluthintervall nur $2^m,2$, so dass also in

dem Dollart eine Verstärkung des Intervalls um $0^m,62$ stattfindet. In früheren Zeiten strömte die Ems hart an der Stadt Emden vorbei und war die Stadt für reichlich 5^m tiefgehende Schiffe bequem zugänglich. Seit etwa zweihundert Jahren hat sich jedoch der Strom mehr südlich verlegt und eine breite Wattfläche zwischen sich und der Stadt Emden gelassen, durch welche lange Zeit offenes Fahrwasser vom Hafen bis zum tiefen Strom sich schlängelte. Als aber auch dieses Fahrwasser sich mehr und mehr verschlechterte, wurde im Jahre 1848 ein etwa 2^{Km} breiter Streifen des inzwischen hoch aufgelandeten Wattes eingedeicht und durch denselben hindurch ein neues mit einer Schutzschleuse versehenes Fahrwasser gegraben. Vergl. Fig. 6, Taf. LVI und Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. IV.

Ausserhalb dieser Schleuse liegt zur Zeit noch ein etwa 2^{Km} langes zu beiden Seiten mit Leitdämmen eingefasstes, übrigens offenes Fahrwasser bis zum eigentlichen Strombette der Ems. Diese aus Buschwerk hergestellten, etwa bis zur halben Fluthhöhe reichenden Dämme sollen sowohl die Ebbeströmung aus der Schleuse, durch welche ein grosser Theil der ostfriesischen Marsch entwässert, zusammenhalten, als auch das Fahrwasser vor der Querströmung der über das lose Schlickwatt laufenden Ebbe und Fluth schützen. Unterhalb der Dollartmündung liegt die holländische Hafenstadt Delfzyl an dem reichlich 6^m bei Hochwasser tiefen Fahrwasser, welche durch einen im Jahre 1877 vollendeten Canal mit der früher nur unvollkommenen für Seeschiffe zugänglichen Stadt Groningen verbunden ist. Während noch in der Mündung der Leda, an welcher der Hafen von Leer liegt, und unterhalb in der Ems das Fahrwasser sich reichlich 5^m tief erhielt ohne künstliche Regulirung, als die Anlage weniger Buhnen zum Schutz gegen Uferabbruch, war bis zum Jahre 1864 die obere Strecke der Ems bis Papenburg trotz des an diesem Orte betriebenen Schiffbaues, nur für sehr kleine etwa $2^m,5$ tief gehende oder grössere unbeladene Schiffe zugänglich. Diese etwa 12^{Km} lange Strecke wurde innerhalb etwa zweier Jahre nur durch Buhnenanlagen mit einem Kostenaufwande von etwa 90000 Mark um reichlich $1^m,5$ vertieft, so dass jetzt die Fahrtiefe auf Papenburg 4^m beträgt.[13]) Es kann als gewiss gelten, dass durch eine noch vollkommenere Regulirung die Ems einer weiteren Vertiefung fähig ist.

Die fast nur aus einem Meerbusen bestehende Jade verhält sich fast ganz wie die untere Ems mit dem Dollart. Wie aus der Fig. 1, Taf. XLV ersichtlich besteht sie aus zwei Theilen, dem herzförmigen Busen und der trichterförmigen Mündung. Wo sich der erstere rasch verengt, liegt an der durch diese Verengung hervorgebrachten tiefen Stromrinne am linken Ufer der seit 1853 gegründete Kriegshafen Wilhelmshafen. Siehe Taf. LVII und deutsche Bauzeitung 1869. Trotzdem die Jade so gut wie keinen oberen Zufluss besitzt, denn der kleine Fluss dieses Namens sowie die ringsum einmündenden künstlichen Entwässerungscanäle oder Sieltiefe verschwinden gegen den Inhalt des Busens völlig, so besteht doch in der Mündung von Wilhelmshafen ab ein sehr erhebliches hydraulisches Vermögen. Es kommt dies zum grossen Theil von der besonders günstigen Form des Jadebusens, weil aus demselben das ungehindert eingedrungene Fluthwasser bei der nächsten Ebbe wieder völlig und bis zu einem fast überall gleich tiefen Stande ablaufen muss. Es ist dies ein wesentlicher Vorzug gegen einen längeren Fluss, auf welchem keineswegs das ganze Fluthgebiet sich gleichmässig mit Fluthwasser füllt, sondern nur von einer sich

[13]) Vergl. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866.

mehr und mehr abschwächenden Welle durchlaufen wird, bei welchem also das hydraulische Vermögen nur zum Theil dem unter der Hochwasserlinie befindlichen Fassungsraume des ganzen Fluthgebiets entspricht. Dazu kommt, dass sich in der Jade wie auch im Dollart das Fluthintervall von der See her durch den trichterartigen Einlauf und die kurze Länge des Gebietes stark erhöht. Denn bei Helgoland (vergl. Weser und Elbe) beträgt das gewöhnliche Intervall nur $2^m,31$, bei Wilhelmshafen dagegen $3^m,53$.

Ein weiterer Vortheil eines solchen Busens gegen einen wirklichen Fluss ist noch, dass letzterer von oben eine Menge Sinkstoffe und zwar verhältnissmässig mehr Sinkstoffe als Wasser zuführt, wogegen in dem Busen nur die Sinkstoffe sich hin und her bewegen. Es wird also an der Mündung des Busens bei gleicher Wassermenge eine geringere Tendenz zur Anlandung stattfinden, als an der Mündung eines grossen Flusses. Dagegen hat ein Busen den unverkennbaren Nachtheil, dass die oberen Ränder wegen der völlig fehlenden Strömung leichter zur Anlandung neigen, als die Ufer eines Flusses und dass somit die Grösse des Bassins, von welchen die Tiefe in der unteren Gegend abhängt, nicht so sicher erscheint. Es ist desshalb z. B. für die Jade die Beförderung der Marschbildung an dem oberen Ufer mit Rücksicht auf die Erhaltung des Fahrwassers für Wilhelmshafen einstweilen gesetzlich sistirt. Nach einem nicht veröffentlichten Gutachten Dalmann's über die hydraulischen Verhältnisse der Jade vom Jahre 1874, worin die Jade bei Wilhelmshafen mit der Elbe bei Brunsbüttel (siehe Elbe w. u.) verglichen wird, finden nachstehende Verhältnisse statt:

	Mittleres Fluth-intervall.	Wasserfläche oberhalb. Ha.			Querprofil. □m		kbm Ausfluss in 1 Secunde; halbe Ebbe.
		Hochwasser.	halbe Ebbe.	Niedrig-wasser.	halbe Ebbe.	Niedrig-wasser.	
Jade bei Wilhelmshafen	3,5	20 900	14 200	2 700	26 500	20 400	33 000
Elbe bei Brunsbüttel	2,8	23 100	20 700	18 300	24 400	21 500	27 300

Es gehen hieraus die eigenthümlichen, aber sehr günstigen hydraulischen Verhältnisse der Jade mit grosser Deutlichkeit hervor, insbesondere der Unterschied zwischen Wasserfläche bei Hochwasser und Niedrigwasser und die wesentlich hiervon und von dem Fluthintervall abhängende Ausflussmenge bei halber Ebbe, welche eben vorzugsweise das hydraulische Vermögen des Stromes repräsentirt. Danach ist, wenn nicht die Wasserfläche bei Hochwasser durch Anlandung merklich verkleinert wird, noch auf lange Zeit hin eine genügende Wassertiefe in der Jademündung als gesichert anzusehen. Denn da die Breite derselben bei Wilhelmshafen etwa 3500^m beträgt, so ist bei halber Ebbe die mittlere Tiefe noch über $7^m,5$. Die eigentliche Fahrrinne von etwa 1000^m Breite ist jedoch bei halber Ebbe im Durchschnitt über 12^m und nur auf kurzer Strecke etwa 8^m tief.

Die beiden letzten Flüsse, die Weser und Elbe mögen gleichzeitig besprochen werden, sowohl um zu derartigen Vergleichungen der wichtigsten Eigenthümlichkeiten ein Beispiel zu geben, als auch weil grade diese beiden Flüsse durch ihre Verwandtschaft besonders zur Vergleichung auffordern. Denn wenn auch dieselben aus ganz verschiedenen Gebieten ihr Oberwasser erhalten, so ist doch die für das Fluthgebiet ungleich wichtigere Fluthwelle ausserhalb der Mündung beider Flüsse ein und dieselbe. Wie aus Fig. 1, Taf. XLV zu ersehen, laufen Weser und Elbe in sehr spitzem Winkel mit ihren Aussenfahrwassern so zusammen, dass die bezüglichen Richtungen in der Nähe von Helgoland, dessen Lage in jener Figur aus

den Radien des Leuchtfeuerkreises zu erkennen ist, zusammentreffen. Man kann die Betten derselben, aber mehr noch die Strömungen, bis in etwa 15 bis 20 Seemeilen Entfernung von Helgoland verfolgen, etwa grade bis zu den oberen Grenzen der Karte auf Taf. XLV. Die Fluthwellen aus der Nordsee treffen aber in nordwestlicher Richtung (siehe Fig. 1, Taf. XLIV) bei Helgoland, also auch bei der Vereinigung der beiden Aussenfahrwasser ein. Es läuft also von derselben Fluthwelle der eine Theil in die Weser und der unmittelbar daneben befindliche Theil in die Elbe, so dass man in Beziehung auf die Fluth beide Flüsse wie zwei Zweige eines Stammes betrachten kann.

Indem nach Ausweis der nachstehenden Tabellen, siehe Beilage, die Wassermengen des gewöhnlichen Sommeroberwassers in beiden Flüssen sich wie etwa 1:50 zu denjenigen Wassermengen verhalten, welche sich in der Nähe ihrer Mündungen bei Fluth und Ebbe ein- und ausbewegen, so erscheint also weder die Verwandtschaft dieser beiden Flüsse in ihrem Fluthgebiet noch auch die Betrachtung aller Fluthgebiete von unten herauf eine willkührliche. Böte nicht die Jade wegen ihrer Busenform so ganz andere Erscheinungen als jene beiden langgestreckten Flüsse, so würde auch sie in die nähere Vergleichung gezogen werden müssen, indem das Aussenbett der Jade mit dem der Weser noch mehr zusammenfällt als letzteres mit dem der Elbe.

Mag nun auch der eigentliche Trennungspunkt für die Fluthwelle dieser Flüsse etwas von Helgoland, wahrscheinlich in südwestlicher Richtnug, entfernt liegen, so sei doch für die folgende Darstellung Helgoland desshalb als Ausgangspunkt angenommen, weil nur dort genaue Fluthbeobachtungen angestellt werden können, im offenen Meere aber nicht, und weil ausserdem der Fehler durch jene Annahme unendlich gering bleiben wird. Es mag hierbei aber zunächst an die Bemerkung im § 10 über die auf Taf. XLVIII in den Längenprofilen der beiden Flüsse angenommene Horizontale für die Mittelwasserstände bei Bremerhafen, Cuxhafen und Helgoland erinnert werden. Ferner muss in Bezug auf diese Längenprofile und die darin construirten Fluthwellen, sowie auf die Tabellen bevorwortet werden, dass es zur Zeit wegen Mangels an ausreichenden und zuverlässigen Beobachtungsmaterial nicht möglich war ausführlichere Darstellungen und Berechnungen zu geben. Da z. B. für die Weser nur von 3 Punkten Fluthcurven vorlagen und diese ebenso wie die von der Elbe nicht die mittleren Fluthcurven darstellen, sondern nur auf einzelnen Beobachtungen beruhen, so erschien es desshalb und aus Mangel an Raum unthunlich, für beide Flüsse die Fluthwellen genauer, namentlich etwa von Stunde zu Stunde zu construiren. Die gezeichneten 4 Fluthwellen dienen vielmehr nur als ein der Wirklichkeit annähernd ähnliches Bild.[14])

In den nachfolgenden Tabellen sind die Columnen 3 und 4, Längen und Breiten der Flusstrecken, aus den betreffenden Flusskarten ermittelt, wobei Col. 4 nur als annähernd richtig anzusehen ist. Col. 5 ergiebt sich dann aus den beiden Vorigen,

[14]) Eine genauere Ermittelung der Weser-Fluthwellen sowohl in jedem Stadium der Fluth als auch für jede beliebige grosse oder kleine Fluth wird erst nach einiger Zeit ermöglicht, sobald von den 6 selbstregistrirenden Fluthmessern, welche gerade während diese Abhandlung geschrieben wird in der Aufstellung begriffen sind, genügende Beobachtungen vorliegen werden. Diese Beobachtungen sollen die thatsächliche Grundlage des vom Verfasser auszuarbeitenden speciellen Correctionsplanes für die Unter-Weser bilden, während die in der Taf. XLVIII sowie in der Tabelle gegebenen Maasse und Zahlen nur die Resultate des von demselben bereits aufgestellten generellen Projects sind.

Tabellarische Uebersicht der Verhältnisse in den Fluthgebieten der Elbe und Weser.

I. Elbe.

1. Bezeichnung der Profile nach Ortschaften.	2. No. der Profile.	3. Entfernung von Pr. zu Pr. m.	4. Mittlere Breite der Pr. m.	5. Oberfläche zwischen je zwei Pr. □m.	6. Mittlere Höhe zwischen ord. H W u. N W m.	7. Cub. Inhalt zwischen ord. H W u. ord. N W kbm.	8. Perioden.	9. Zeitdauer der Fluth oder der Ebbe St.	10. Sec.	11. Oberer Zufluss Sec. kbm.	12. Im Ganzen kbm.	13. Unterer Abfluss +=Ebbe, —=Fluth. Im Ganzen kbm.	14. p. Sec. kbm.	15. Verhältniss z. ober. Zufluss.	16. Querschnittfläche des Profils, bei halber Fl. □m.	17. Verhältniss z. ober. Quersch.	18. Geschw. p. Sec.	19. Bemerkungen zu Col. 7.
Elbstorf	1	. . .	. .		. . .		Fluth&Ebbe	12½	45000	400	1800000	1800000	400	1	480	1		Fluthgrenze.
		33500	552	19320000	0,70	13524000												Elbstorf—Hamburg.
Hamburg	2	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	4½	16200	400	6480000	—7044000	435	1,1	2484	5	0,171	
							Ebbe . . .	8	28800	400	11520000	25044000	879	2,2	2484	5	0,350	
		15500	1230	19065000	2,06	10122464 39273900 49396364												Elbstorf—Hamburg. Hamburg—Lühe. Summe.
Lühe	3	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5	18000	400	7200000	—42196364	2344	5,9	7151	15	0,328	
							Ebbe . . .	7½	27000	400	10800000	60196364	2229	5,6	7151	15	0,311	
		14500	1540	22330000	2,52	7867200 36604800 56271600 100743600												Elbstorf—Hamburg. Hamburg—Lühe. Lühe—Brunshausen. Summe.
Brunshausen	4	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5¼	18900	400	7560000	—93183600	4930	12,3	10314	21	0,478	
							Ebbe . . .	7¼	26100	400	10440000	111183600	4260	10,6	10314	21	0,413	
		21000	1995	41895000	2,75	5654880 32410500 52922100 115211250 206198730												Elbstorf—Hamburg. Hamburg—Lühe. Lühe—Brunshausen. Brunshausen—Glückstadt. Summe.
Glückstadt	5	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5½	19800	400	7920000	—198278730	10014	25,0	18428	38	0,543	
							Ebbe . . .	7	25200	400	10080000	216278730	8582	21,5	18428	38	0,465	
		16500	3065	50572500	2,75	3686400 26691000 46893000 106832250 139074375 323177025												Elbstorf—Hamburg. Hamburg—Lühe. Lühe—Brunshausen. Brunshausen—Glückstadt. Glückstadt—Brunsbüttel. Summe.
Oberhalb Brunsbüttel .	6	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5¾	20700	400	8280000	—314897025	15212	38,0	23401	49	0,650	
							Ebbe . . .	6¾	24300	400	9720000	332897025	13699	34,3	23401	49	0,585	
		16000	4340	69440000	2,65	1344000 20971500 41310500 98453250 130982775 184016000 477078025												Elbstorf—Hamburg. Hamburg—Lühe. Lühe—Brunshausen. Brunshausen—Glückstadt. Glückstadt—Brunsbüttel. Oberh.—unterh. Brunsbüttel Summe.
Unterhalb Brunsbüttel	7	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	6	21600	400	8640000	—468438025	21687	54,2	36675	76	0,591	
							Ebbe . . .	6½	23400	400	9360000	486438025	20788	52,0	36675	76	0,566	

II. A. Weser vor der Correction.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Bremen	1	. . .	. .		0		Fluth&Ebbe	12½	45000	150	6750000	6750000	150	1	279	1		Fluthgrenze.
		18740	150	2811000	0,425	1194675												Bremen—Vegesack.
Vegesack Oberhalb der Ochtum- und Lesum-Mündung.	2	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	3¾	13500	150	2025000	830325	61	0,4	315	1,1	0,195	
							Ebbe . . .	8¾	31500	150	4725000	5919675	188	1,25	315	1,1	0,596	
		16900	605	10224500	1,90	772575 217500 800000 1000000 19426550 22216625												Bremen—Vegesack. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Vegesack—Elsfleth. Summe.
Elsfleth	3	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	4¼	15300	150	2295000	—19921625	1302	8,7	1771	6,3	0,735	
							Ebbe . . .	8¼	29700	150	4455000	+26671625	898	6,0	1771	6,3	0,507	
		7500	885	6637500	2,94	19573600 217500 800000 1000000 19514250 41105350												Bremen—Elsfleth. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Elsfleth—Brake. Summe.
Brake	4	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	4½	16200	150	2430000	—38675350	2387	15,9	4358	15,7	0,548	
							Ebbe . . .	8	28800	150	4320000	+45425350	1577	10,5	4358	15,7	0,361	
		14000	1190	16660000	3,17	34607825 145000 533332 857142 52812200 88955499												Bremen—Brake. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Brake—Dedesdorf. Summe.
Dedesdorf	5	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5	18000	150	2700000	—86255499	4792	31,9	6222	22,3	0,770	
							Ebbe . . .	7½	27000	150	4050000	+93005499	3445	23,0	6222	22,3	0,553	
		12900	1520	19608000	3,20	76389825 108750 400000 750000 62745600 140394175												Bremen—Dedesdorf. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Dedesdorf—Bremerhafen. Summe.
Bremerhafen	6	. . .	. .		. .		Fluth . . .	5½	19800	150	2970000	—137424175	6941	46,3	9124	32,7	0,760	
							Ebbe . . .	7	25200	150	3780000	+144174175	5721	38,1	9124	32,7	0,627	

III. B. Weser nach der Correction.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Bremen	1	. . .	. .		. . .		Fluth&Ebbe	12½	45000	150	6750000	6750000	150	1	279	1		Künftige Fluthgrenze (etwa 7 Km oberhalb Bremen) bis Bremen.
		18740	220	4122800	1,75	1038400 7214900 8253300												Bremen—Vegesack. Summe.
Vegesack Oberhalb der Ochtum- und Lesum-Mündung.	2	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	3¾	13500	150	2025000	—6228300	461	3,1	960	3,4	0,479	
							Ebbe . . .	8¾	31500	150	4725000	+12978300	412	2,7	960	3,4	0,429	
		15900	605	9619500	2,83	5452000 217500 800000 1000000 27223185 34692685												Fluthgrenze—Vegesack. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Vegesack—Elsfleth. Summe.
Elsfleth	3	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	4¼	15300	150	2295000	—32397685	2117	14,1	3924	14,1	0,539	
							Ebbe . . .	8¼	29700	150	4455000	+39147685	1318	8,8	3924	14,1	0,335	
		7500	885	6637500	3,31	32529820 217500 800000 1000000 21970125 56517445												Fluthgrenze—Elsfleth. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Elsfleth—Brake. Summe.
Brake	4	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	4½	16200	150	2430000	—54087445	3338	22,3	5563	19,9	0,600	
							Ebbe . . .	8	28800	150	4320000	+60837445	2112	14,1	5563	19,9	0,379	
		14000	1190	16660000	3,335	49338170 217500 800000 950000 55561100 106866770												Fluthgrenze—Brake. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Brake—Dedesdorf. Summe.
Dedesdorf	5	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5	18000	150	2700000	—104166770	5787	38,6	7886	28,3	0,733	
							Ebbe . . .	7½	27000	150	4050000	+110916770	4108	27,4	7886	28,3	0,520	
		12900	1520	19608000	3,25	99868945 145000 533332 857142 63726000 165130419												Fluthgrenze—Dedesdorf. Ochtum N. Fl. Lesum N. Fl. Hunte N. Fl. Dedesdorf—Bremerhafen. Summe.
Bremerhafen	6	. . .	. .		. . .		Fluth . . .	5½	19800	150	2970000	—162160419	8190	54,6	11521	41,3	0,710	
							Ebbe . . .	7	25200	150	3780000	+168910419	6703	44,7	11521	41,3	0,582	

jedoch für einige Strecken unter Hinzurechnung einzelner abgeschnittener Arme, Nebenflüsse u. s. w. Das mittlere Intervall in Col. 6 ist aus den Längenprofilen entnommen. Um die Col. 7 oder das zwischen den veränderlichen Wasserständen liegende Volumen zu berechnen ist zwar die im § 11 angegebene Methode zu Grunde gelegt, jedoch unter Berücksichtigung der nur annähernd genauen Fluthwellen mit der Vereinfachung, dass von oben anfangend zunächst für die ganze Periode zwischen Hoch- und Niedrigwasser aus Oberfläche und Intervallhöhe das Volumen der betreffenden Stromabtheilung berechnet ist. Da für jede folgende untere Abtheilung während der ganzen Periode zwischen Hoch- und Niedrigwasser eben dieser letzteren Abtheilung nur ein Theil des für die vorhergehende Abtheilung berechneten Volumens als oberer Zufluss gelten kann, weil in dieser letzteren bereits Ebbe herrscht, so ist aus der Lage der jedesmal nach Wahrscheinlichkeit construirten Ebbelinie dieser letzteren Strecke das verkleinerte Zufluss-Volumen derselben berechnet und dem vollen Volumen der unteren Abtheilung hinzuaddirt. Die Summe ergiebt dann die ganze während der Zeit zwischen Hoch- und Niedrigwasser der unteren Abtheilung und oberhalb deren untersten Profils bis zur Fluthgrenze hin sich über dem Ebbespiegel ablagernden Wassermenge.

Die in Stunden und Secunden in Col. 9 und 10 angegebene Zeitdauer der Fluth und Ebbe ist aus den Fluthcurven (siehe Fig. 13 und 14, Taf. XLVIII) ermittelt, für die Weser aus einer 14tägigen Reihe von Beobachtungen. Es sind jedoch zur Vereinfachung die ganzen Tiden rund zu 12 $^1/_2$ Stunden angenommen. Für den constanten oberen Zufluss oberhalb der Fluthgrenzen sind rund 150 bezw. 400 kb^m gesetzt. Diese Zahlen entsprechen annähernd dem gewöhnlichen Sommerwasser, haben jedoch besonders für die unteren Strecken wenig Bedeutung. Für die Bearbeitung wirklicher Correctionsaufgaben empfiehlt sich ausserdem eine vollständige Berechnung nach dem Schema der Tabelle unter Annahme der Zuflussmengen eines grossen Oberwassers, weil sich dabei in den oberen Strecken die Verhältnisse wesentlich ändern. Col. 12 ergiebt sich sofort aus der Multiplication des für 1 Secunde stattfindenden constanten oberen Zuflusses oberhalb der Fluthgrenze mit der Fluth- oder Ebbedauer der betreffenden Abtheilung in Secunden. Col. 13 giebt für die Fluthdauer aus der Differenz und für die Ebbedauer aus der Summe der in Col. 7 und 12 berechneten betreffenden Wassermengen den negativen oder positiven Abfluss durch das untere Profil jeder Abtheilung gemäss § 11. Werden die Zahlen der Col. 13 durch die Secundenzahl der betreffenden Periode dividirt, so ergeben sich die in Col. 14 enthaltenen mittleren Abflusswerthe. Es ist ohne Weiteres klar, dass kurz vor und nach jedem Hoch- und Niedrigwasser der wirkliche Abfluss nahezu gleich Null sein muss, und dass umgekehrt etwa in der Mitte jeder Periode ein sehr viel grösserer Abfluss als jener mittlere erfolgt.

Aus den positiven Zahlen der Col. 14 sind sodann unter Col. 15 die relativen Grössen der Abflussmengen der einzelnen Profile verglichen mit dem constanten Zufluss oberhalb des Fluthgebietes berechnet, woraus sich, wie bereits oben bemerkt, ergiebt, dass schon oberhalb der eigentlichen Mündungen selbst die Mittelwerthe der Durchflussmengen reichlich 50 mal so gross sind, als der Zufluss des oberen gewöhnlichen Wassers. Die in Col. 16 angegebenen auf halbe Fluthhöhe reducirten Querschnittsgrössen sind für die Weser aus genauen Querprofilmessungen entnommen, während für die Elbe nur eine Flusskarte mit eingeschriebenen Wassertiefen hierzu vorlag. Trotzdem werden auch für die letztere die in Col. 17 berechneten Verhält-

nisszahlen für die unteren Querschnitte im Vergleich zum Querschnitt oberhalb der Fluthgrenze genügend genau sein. Für die aus der Wassermenge pro Secunde und den zugehörigen Querschnitten ermittelte Geschwindigkeit in Col. 18 gilt das schon über die Grösse der Abflussmenge Gesagte ebenfalls.

Während die Tabellen der Elbe und die mit A bezeichnete der Weser die augenblicklichen Zustände schildern, ist es in der mit B bezeichneten Tabelle der Weser versucht, auf Grund der wahrscheinlichen Aenderungen in den Fluthverhältnissen und unter Annahme geeigneterer Profile und vorhergegangener Beseitigung der Hindernisse, die demnächst, also nach erfolgter Correction, eintretenden Verhältnisse zusammenzustellen.

Zur weiteren Vergleichung der beiden Fluthgebiete muss nun ganz besonders beachtet werden, dass bei der Elbe wohl Cuxhafen als eigentlicher Mündungspunkt betrachtet werden kann, dass aber bei der Weser nicht schon Bremerhafen, sondern ein etwa 20^{Km} weiter unterhalb belegener Punkt als solcher gelten darf. Mit Bremerhafen ist also hinsichtlich aller Verhältnisse nicht Cuxhafen, sondern ein etwa 8^{Km} unterhalb Brunsbüttel belegener Punkt zu vergleichen. Es werden dadurch die beiden Flüsse ähnlicher, als nach den Profilen auf Taf. XLVIII der Fall zu sein scheint.

Zum grössten Theile lassen sich nun die Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten in den Fluthscheinungen beider Flüsse aus diesen Figuren, sowie aus den Zahlen der Tabelle ersehen und es erübrigt nur noch dieselben näher zu erklären und daneben zu untersuchen, ob eine grössere Gleichheit durch Regulirung zu erreichen sein wird. Es ist zunächst auffallend, dass das Fluthintervall im unteren Theile der Weser soviel grösser ist, als das in der Elbe. Es erklärt sich dies wohl vorzüglich aus der Form und Lage der Mündungen. Es liegt nämlich für die von Nordwest kommende Fluth die Mündung der Weser, welche mit der Mündung der Jade völlig zusammentrifft, weit günstiger als die der Elbe, und besitzt dabei eine grössere Weite. Es muss daher wie bei dem Jadebusen, so auch in der Weser, da wo sich diese rasch verengt, z. B. bei Bremerhafen, eine erhebliche Vergrösserung des Fluthintervalls eintreten, vielleicht mehr nach der Höhe der Fluth als der Tiefe der Ebbe, was jedoch zur Zeit nicht entschieden werden kann. Die Elbe besitzt nun weder eine so weite Mündung wie die Weser, noch erfährt sie in der Nähe der Mündung eine so erhebliche Verengung wie diese. Während nun bei Helgoland die ungetheilte Fluthwelle $2^m,31$ mittleres Intervall hat, erhält der in die Weser laufende Theil bei Bremerhafen 3,317, der in die Elbe laufende Theil bei Cuxhafen nur $2^m,86$. Dabei laufen die Fluthwellen wahrscheinlich von Helgoland bis Bremerhafen bezw. bis nahe vor Brunsbüttel mit gleicher Geschwindigkeit.

Durch die noch näher zu besprechenden Hindernisse des Weserbettes zeigt sich ferner eine erhebliche Zunahme der Hochwasserhöhe bis gegen Brake und eine danach folgende Senkung nach der Fluthgrenze hin, sowie von jenem Punkte an eine rasch steigende Linie des Niedrigwassers und eine Verzögerung der Welle, besonders ihres Fusses. Diese allein schon aus dem Längenprofil der Weser ersichtlichen Unregelmässigkeiten, welche sämmtlich in dem Profile der Elbe nicht vorhanden sind, lassen erkennen, dass das Bett der Weser erheblich ungünstiger als das der Elbe gestaltet sein muss. Zählt man ferner von Helgoland ab nach jedem Fluss hin 84^{Km}, so erreicht man damit in der Weser Bremerhafen, in der Elbe nahezu Brunsbüttel. Im ersteren Fluss liegt dann die Fluthgrenze, wenn dafür einstweilen Bremen gilt, schon nach 70^{Km}, in den anderen bei Elbstorf erst nach 116^{Km}. Also um 46^{Km} kürzer ist das Fluthgebiet der Weser als das der Elbe. Die in gleichem Maasstabe

gezeichneten Querprofile beider Flüsse können nun nach § 12 zum Theil sowohl die Ursache als auch die Folge des kurzen Fluthgebietes der Weser und des langen der Elbe anschaulich machen. Es muss nämlich in dem unregelmässigeren und seichteren Bette der Weser die lebendige Kraft einer gleich starken Fluthwelle eher geschwächt und vernichtet werden, als in dem regelmässigeren und tieferen der Elbe, aber anderseits würde auch zweifellos ein verlängertes Fluthgebiet in der Weser die Profile unterhalb der Verlängerung glätten und vertiefen.

In der Hauptsache ist nun allerdings das kürzere Fluthgebiet der Weser durch die Natur so fest vorgeschrieben, dass es sich nur in kleinem Maasse durch Kunst verlängern lässt. Es besitzt nämlich die Elbe oberhalb der Fluthgrenze auf mehr als 20^{Km} Länge das mässige Gefälle von 1:9000 bei gewöhnlichem Sommerwasser, wogegen die Weser oberhalb Bremen auf etwa ebenso grosse Entfernung das starke Gefälle von etwa 1:5000 hat. Bei über zweimal so grossem Querschnitte während des gewöhnlichen Sommerwassers und dem etwa halb so grossen relativen Gefälle ist also der Fluth in der oberen Elbe nicht entfernt ein solcher Widerstand geboten wie in der oberen Weser. Es ist aber auch in der Weser ungleich schwieriger und bedenklicher durch künstliche Vertiefung oberhalb der Fluthgrenze die Fluth mehr hinaufzuziehen, weil durch die Vertiefung das relative Gefälle der oberen Strecke noch zunehmen und in Folge der vermehrten Strömung die Schwierigkeit der Erhaltung eines regelmässigen Bettes wachsen würde. Im Vergleich zu den grossen Vortheilen einer Fluthcorrection für alle übrigen Verhältnisse mag freilich dieser Nachtheil gering erscheinen.

Den schädlichsten Einfluss auf die Kraft der Fluthwelle am oberen Ende des Fluthgebietes der Weser und damit auf die Wassertiefe dieser Strecke äussern aber die zahlreichen Spaltungen durch Inseln. Vor der seit etwa 1860 begonnenen Regulirung der Strecken unterhalb Vegesack war bis Bremerhafen hin der Fluss in mehr als seiner halben Länge gespalten. Seitdem ist allerdings in dem oberen Theile etwa die Hälfte dieser totalen Spaltungen durch Coupirung der Nebenarme aufgehoben; da indessen die Hauptarme nicht entsprechend erweitert, vielmehr noch zum Theil durch Buhnen verengt worden sind, so ist von Brake bis Vegesack noch eine erhebliche Abschwächung der Fluthwelle vorhanden. So kommt dieselbe schon ermattet bei Vegesack an und findet daselbst durch das Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände gewissermaassen ein gewaltsames Ende. Zunächst münden nämlich dort gerade einander gegenüber zwei Nebenflüsse, links die Ochtum, rechts die Lesum. Letztere besitzt ein weites tiefes Bett, wenig Gefälle und im unteren Theile eine mit der unteren Weser zusammenfallende Richtung. Es läuft daher die Fluth besonders günstig in dieselbe hinein und erstreckt sich von Vegesack aufwärts um 10^{Km} weiter als von dort die Fluth in der Weser. Der kleinere Fluss Ochtum mündete früher $4{,}5^{Km}$ weiter oberhalb, erhielt jedoch durch Coupirung eines alten, sich von hier bis Vegesack hinziehenden Weserarmes eine neue, sehr weite bassinartige Mündung. Es muss sich also die bei Vegesack ankommende Fluthwelle an einer Stelle in drei Theile theilen, von welchen also der mittlere die Weser aufwärts bis Bremen verfolgt. Auf dieser 19^{Km} langen Strecke ist der Fluss zwar nicht wieder gespalten, aber mehrfach stark gekrümmt, sodass z. B. in einer Krümmung allein der Umweg $1{,}4^{Km}$ beträgt, es tritt ferner der Fluth das Oberwasser mit starkem Gefälle entgegen und endlich ist diese Strecke mit etwa 200 Buhnen auf jeder Seite ausgebaut, so dass durch diese Widerstände der letzte Rest der lebendigen Kraft bis Bremen völlig

verzehrt wird. Nur bei besonders niedrigem Oberwasser und starken Fluthen tritt bei Bremen ein etwa $0^m,5$ grosses Intervall ein, für gewöhnlich jedoch kann gerade Bremen als die Fluthgrenze gelten.

Die Folgen der seitherigen Regulirung sind zwar an sich nicht ganz ungünstig gewesen. Denn durch die starke Einengung der Strecke Bremen-Vegesack von 120 bis 150^m hat sich im Laufe von etwa 10 Jahren das Flussbett um etwa 1^m vertieft und ähnlich sind auch unterhalb Vegesack in den regulirten Strecken relative Verbesserungen entstanden. Aber man kann unschwer erkennen, dass das Maass der durch die bisherigen Mittel zu erzielenden Verbesserungen bereits erreicht ist. Ausserdem ist erforderlich, dass jährlich mindestens für etwa 200000 Mark gebaggert wird, um namentlich unterhalb Vegesack, wo durch die plötzliche Erweiterung und durch die vielen Spaltungen mehrfache Ursachen zu Sandablagerungen bestehen, nur eine nothdürftige Fahrrinne von $2^m,5$ Tiefe offen zu erhalten.

Werden dagegen die hauptsächlichen Hindernisse für die freie Bewegung der Fluthwelle beseitigt, namentlich die übermässigen Einengungen, die zahlreichen Buhnen, die Spaltungen und scharfen Krümmungen, so lässt sich mit Sicherheit eine erhebliche Zunahme des Fluthintervalls in der oberen Strecke, eine Erweiterung des Fluthgebiets nach oben hin und damit eine so bedeutende Zunahme des hydraulischen Vermögens erzielen, dass z. B. oberhalb Vegesack bei Verdoppelung der Profilgrösse noch eine Vergrösserung der Stromgeschwindigkeit eintreten muss. Die mit grösster Wahrscheinlichkeit durch blosse Regulirungsarbeiten, als Durchstiche und Abgrabungen, Coupirungen und Paralleldämme zu erreichenden Aenderungen sind in den beiden Taf. XLV und XLVIII dargestellt und in der Weser-Tabelle B (s. Beilage) durch Zahlen ausgedrückt. Da diese Berechnungen ebenso wie die des jetzigen Zustandes durchgeführt sind, so besitzen sie zwar keine positive, wohl aber zur Vergleichung eine relative Richtigkeit, die wenigstens genügt, um die Ziele und Mittel einer rationellen Regulirung deutlich erkennen zu lassen. Es muss freilich als selbstverständlich gelten, dass für ein wirkliches Regulirungsproject speciellere Berechnungen der Wassermengen für die verschiedenen Stadien der Ebbe und Fluth, etwa von Stunde zu Stunde, vorgenommen werden, um zunächst die Grösse und Form der Querschnitte, sowie die dabei stattfindende Strömung für jede Strecke, und danach die Lage der neuen Uferlinien mit Bestimmtheit projectiren zu können. Die vom Verfasser zur Zeit projectirte Regulirung der unteren Weser erforderte ausser den bereits bestehenden selbstregistrirenden Fluthmessern zu Bremen und Vegesack noch vier neue, in Hasenbühren, Farge, Brake und Bremerhafen, mit deren Hülfe erst nach einiger Zeit genaue mittlere Fluthwellenlinien für das ganze Gebiet construirt werden können.

Schon jetzt aber darf es nach den hier nur auszüglich mitgetheilten graphischen Darstellungen und Berechnungen als sicher gelten, dass lediglich mit Hülfe einer rationellen Correction die Weser bis Bremen auf 5^m Tiefe bei gewöhnlicher Fluth gebracht und leicht erhalten werden kann, wobei es keinesweges ausgeschlossen scheint, mit Hülfe dauernder Baggerung diese Tiefe noch wesentlich zu vergrössern. Die fraglichen Baggerungen würden wahrscheinlich nur in der oberen Strecke zwischen Bremen und Vegesack stattzufinden haben, während in der unteren Strecke die verstärkte Strömung allein eine Tiefe von 6 bis 7^m wird erhalten können.

§ 17. Seeschiffahrtscanäle. Die Bedeutung dieser Canäle ist im Wesentlichen entweder die Ersparung eines längeren, lästigen oder gefährlichen Seeweges

oder nur die Verbindung eines bestimmten Handelsplatzes mit der offenen See. Im ersteren Falle entsteht also ein Verbindungscanal zweier Meere oder Meerestheile, im anderen nur ein Sackcanal.

Neben dieser Unterscheidung in commercieller und nautischer Hinsicht kann man in technischer Beziehung unterscheiden:

Seeschiffahrtscanäle, welche wie längere Binnenschiffahrtscanäle in mehrere Haltungen zerfallen,

Canäle im Tieflande, aber nicht offen nach der See, sondern durch eine Schleusenanlage davon getrennt,

endlich solche Canäle, die mit der See in völlig freier Verbindung stehen, also auch in gewissem Maasse der Ein- und Ausströmung des Seewassers unterworfen sind.

Die Zahl aller Seeschiffahrtscanäle ist noch eine geringe, wenn unter jener Bezeichnung nur Canäle für grössere Seeschiffe verstanden werden. Sie ist dagegen sehr bedeutend, wenn auch alle diejenigen Canäle hinzugerechnet werden, welche wie z. B. in Holland, Ostfriesland u. s. w. nur dem Verkehr kleinerer Seeschiffe und Wattschiffe dienen. So sind z. B. die nördlichen Provinzen Hollands mit zahlreichen Canälen durchschnitten, auf welchen zwar Seeschiffe von etwa 100 Tonnen verkehren, welche aber in ihrer ganzen Einrichtung etwa mit Ausnahme der Mündungen sich durchaus nicht von Binnencanälen unterscheiden.

Es ist ferner von diesen allerdings sehr wichtigen Canälen für kleinere Schiffe bis zu den für grosse Schiffe angelegten ein fast allmählicher Uebergang vorhanden, so dass es schwer werden würde für den vorliegenden Zweck und mit Berücksichtigung des Cap. VIII eine geeignete Grenze zu ziehen, wenn nicht einige bestimmte Eigenthümlichkeiten als Ausschlag gebend angenommen würden. Diese bestehen nun zunächst in den grösseren Dimensionen, namentlich der Tiefe des Canals und der etwaigen Schleusen, indem die Binnenschiffahrt mit 2 bis höchstens $2^m,5$ Tiefgang der Schiffe aufhört und hiermit erst die kleinsten eigentlichen Seeschiffe beginnen, sodann auch darin, dass sich die Schiffe auf einem Seecanale mit grösserer Geschwindigkeit bewegen dürfen als man in der Regel bei Binnencanälen gestattet, dass namentlich der Betrieb mit Dampfschiffen bis zu einer gewissen Fahrgeschwindigkeit ein völlig freier ist. Denn nur durch die Ausdehnung der Dampfschiffahrt auf dem Meere ist es zulässig und erforderlich geworden, Verbindungscanäle zwischen solchen Meeresgebieten anzulegen, auf welchen die Segelschiffahrt entweder durch zeitweilige ungünstige Winde zu langsam oder wegen periodischer Stürme zu gefahrvoll gewesen wäre. In ähnlicher Weise darf man jetzt mit Rücksicht auf Dampfschiffe unter gewissen Umständen die Mündung eines Canales dahin verlegen, wo sie für blosse Segelschiffe ungünstig gelegen haben würde. Endlich bleibt die Fahrt auf einem langen Canale unter Anwendung der Dampfkraft noch lohnend, wo für ein vom Ufer aus gezogenes Segelschiff die Kosten verhältnissmässig zu hoch sein würden. Man kann also die neueren und grösseren Seeschiffahrtscanäle zum grossen Theil als eine Folge der Entwickelung der Dampfschiffahrt betrachten.

Ausser dieser Beschränkung auf die grösseren und tieferen Canäle als im Cap. VIII besprochen sind, muss aber ferner hinsichtlich der technisch besonders interessanten Theile, der Einfahrten oder Mündungen und der etwaigen Schleusen, auf den Hafenbau und Schleusenbau verwiesen werden. Denn die Mündung nach

dem Meere verhält sich völlig wie eine Hafeneinfahrt, wozu kommt, dass sich meistens bei längeren Verbindungscanälen ein kleiner Hafen an den Mündungen ausbilden wird. Es bleibt also im Wesentlichen nur die Frage eines etwaigen Abschlusses nach der See, sodann die Linie und das Profil zu besprechen.

Wo der Einfluss der Ebbe und Fluth oder der Sturmfluthen einschliesslich der durch Stürme verursachten Senkungen des Spiegels bedeutend ist, da wird die Anlegung von Schleusen an den Mündungen ernstlich in Betracht gezogen werden müssen. Kommt dann hinzu, dass der Canal nothwendigerweise in mehreren Haltungen angelegt werden muss, so wird man sich um so weniger scheuen, auch in den Mündungen Schleusen zu erbauen. Nach dem glücklichen Vorgange des Suez-Canals wird man aber gewiss in allen kommenden Fällen so lange als irgend möglich für alle Verbindungscanäle von Schleusen, also auch solchen in der Mündung, absehen, weil durch sie stets eine nicht unerhebliche und bei zeitweilig starker Frequenz eine sehr fühlbare Verzögerung der auf das Durchschleusen wartenden Schiffe eintreten wird. Dies nur am Tage mit Sicherheit zu ermöglichende Durchschleusen würde aber grade bei grossen Dampfern sehr nachtheilich empfunden werden, weil dieselben trotz weiter Reisen auf pünktliches Eintreffen am Bestimmungsorte angewiesen sind, auch wegen Dampfverlust jedes Stilliegen scheuen und ausserdem selbst bei Nacht zu fahren pflegen. Wo also innere Schleusen nicht nothwendig und die Schwankungen des äusseren Wasserspiegels nicht zu bedeutend sind, wird man gewiss stets offene Verbindungscanäle für die grösseren Seeschiffe insbesondere für Dampfer vorziehen. Bei einem kurzen und nur zu einem Hafen führenden Canal erscheint dagegen eine Schleuse in der Mündung längst nicht so nachtheilig. Denn die letztere kann fast stets als eine Art Vorhafen angesehen werden, in welchem ein kurzer Aufenthalt der ein- oder ausgehenden Schiffe fast unvermeidlich oder wenigstens nicht als merklicher Verlust zu rechnen ist.

Andere rein örtliche Rücksichten können daneben für die Wahl von Einfahrtsschleusen sprechen, so z. B. die, dass neben dem Canal grosse, gegen Hochwasser zu schützende Niederungen liegen, welche mindestens die Einfassung des Canals mit hohen und sehr kostspieligen Deichen bedingen würden, ferner dass etwa der Canal als Abwässerungsrecipient für solche Niederungen dienen muss u. s. w. Dies ist z. B. der Fall bei dem neuen Amsterdamer Seecanal (siehe folgenden Paragraph) und wird wohl stets in Frage kommen, wo der Canal in grosser Ausdehnung eine Marschniederung durchschneiden muss, deren bestehende Abwässerungscanäle rechtwinklig zur Richtung des Schiffcanals laufen. Es setzt die Benutzung desselben als Abwässerungsrecipient freilich voraus, dass entweder wie bei dem Amsterdamer Canal alle Entwässerungszüge durch künstliche Wasserhebung auf ihn ausmünden, oder aber dass sie alle eine und dieselbe Spiegelhöhe ohne zu grossen Nachtheil halten können. In jedem anderen Falle würden die gekreuzten Abwässerungen mit Unterleitungen (Dükern) unter den Schiffahrtscanal hinweggeführt werden müssen, was bei der grossen Tiefe des letzteren zu äusserst kostspieligen Bauten zwingen würde.

In neuerer Zeit sind häufig Seecanal-Projecte in Vorschlag gebracht in Concurrenz mit Projecten für schwer zu regulirende Flusstrecken namentlich in Fluthgebieten. Es können selbstverständlich in jedem einzelnen Falle die grösseren Vortheile und Nachtheile des einen oder anderen Projects nur durch Erwägung aller örtlichen Factoren mit einander verglichen werden, im Allgemeinen werden aber die Vorzüge auf Seiten der Flussregulirung liegen, wenigstens so lange, als noch der

Fluss bis zu derselben Fahrtiefe gebracht werden kann, welche der Canal bei etwa gleichen Kosten und um seinem Zwecke zu genügen, haben müsste.

Die Vorzüge eines Canales werden im Allgemeinen sein: Leicht und sicher zu erhaltende Tiefe, bequeme und billige Herstellung von Löschplätzen u. s. w. an jeder beliebigen Stelle, sichere Lage der Schiffe gegen Sturm. Die Nachtheile gegen einen gut regulirten Fluss namentlich im Fluthgebiet würden aber gewiss überwiegen. Hierhin gehört zunächst die Nothwendigkeit einer besonderen Fortbewegung der Schiffe durch thierische Kräfte oder Dampf, welche im Fluthgebiet eines Flusses nur ausnahmsweise zur Anwendung zu bringen sind, da hier das Segeln fast unbedingt frei steht und die Ebbe- und Fluthströmung daneben für die meisten Schiffe genügt. Sodann kommt aber namentlich für alle kälteren Gegenden die lange Unterbrechung der Canalschiffahrt durch den Frost in Betracht, welche auf Ebbe und Fluth haltenden Flüssen fast ganz wegfällt. Wenn auch in den nordwestlichen Theilen Deutschlands der starke Winterfrost für Canäle längst nicht solche Bedeutung besitzt wie in den östlichen Gegenden, so darf doch mindestens als Durchschnitt eine 6-wöchige Unterbrechung durch Frost für einen Canal gerechnet werden, während ein von einer kräftigen Fluthwelle durchlaufener Fluss nur höchst selten und nur auf einzelne Tage wirklich zufriert. Auch haben in den unteren Flussgegenden nur die Holzschiffe das Treibeis, insbesondere das junge und scharfe Eis, zu meiden, was jedoch ebenfalls in der Regel nur einige Tage lang anhält. Endlich kommt hinzu, dass wenn der Canal mit Schleusen versehen ist, auch seine Leistungsfähigkeit bei starker Frequenz weit hinter der eines offenen Flusses zurückbleiben muss, wenn man nicht etwa eine grössere Zahl Schleusen neben einander baut. Jeder neben einem Fluss hinlaufende und mit demselben an zwei Punkten verbundene Canal wird aber bei geringer Länge mindestens einmal, bei grösserer Länge aber wohl besser oben und unten mit Schleusen gegen den Fluss abzusperren sein. Denn das Hindurchströmen des Flusswassers würde bei gewöhnlichen Ständen ebenso unfehlbar Versandungen hervorrufen als bei hohen Oberwasserständen Zerstörungen der künstlichen Ufer. Das Gefälle des Flusses sowie der Ebbe- und Fluthwechsel und das Eintreten etwaiger Sturmfluthen zwingen aber dazu, an beiden Enden eines langen Canals Schleusen anzulegen und zwar sowohl mit Rücksicht auf den Canal selbst als auf die besonderen Verhältnisse der Marschniederung, welche einen absolut sicheren Schutz gegen Ueberschwemmung verlangt. Es würde viel zu weit führen alle Consequenzen eines Parallel-Canales zu betrachten, nur sei nochmals grade für einen solchen die Schwierigkeit hervorgehoben, die Abwässerungsverhältnisse eines ausgedehnten Gebietes, welches mit zahlreichen, in verschiedener Höhe dem Flusse zufliessenden, natürlichen und künstlichen Wasserzügen durchschnitten ist, mindestens nicht zu verschlechtern ohne dabei äusserst kostspielige Nebenanlagen herbeizuführen.

Nach dem Vorigen erscheint also die Wahl der Mündung, die Lage der Linie, die Anwendung von Schleusen, die Höhe des etwaigen Normalspiegels sowie die Rücksicht auf Deich- und Entwässerungs-Anlagen in jedem Falle von den besonderen localen Verhältnissen sehr abhängig, im Uebrigen aber nicht weiter hier im Einzelnen zu besprechen.

Eine weit allgemeinere Bedeutung dagegen besitzt die Profilgrösse und Form. Es muss dabei als Regel gefordert werden, dass mindestens zwei der grösseren für den Canal in Frage kommenden Schiffe mit mässiger Geschwindigkeit von etwa 2 bis 3^{m} pro Secunde sich ohne Gefahr begegnen dürfen, und dass auch die

Fortbewegung der Schiffe keinen merklichen Widerstand durch ein zu enges Profil findet. In ersterer Hinsicht wird genügen, dass zwischen den Schiffskörpern ein Spielraum von $1^m,5$ bis 2^m und zwischen den Schiffen und der Böschung ein solcher von $0^m,5$ bleibt, in der anderen, dass die Sohle etwa $0^m,5$ tiefer als der grösste Tiefgang und das Profil etwa 5 mal so gross als der grösste Querschnitt genommen wird. Wenn der Canal vor Wellenschwankung sicher liegt, so genügt für die grössten Schiffe eine Tiefe von 7^m unter dem niedrigsten Wasser und eine Sohlenbreite von etwa 25^m. Für einzelne besonders grosse, aber selten vorkommende Schiffe können zur Ersparung an Kosten Ausweichestellen in gewissen Entfernungen angebracht werden, wobei dann ähnlich wie auf Eisenbahnen durch Signale die Fahrt den Schiffen freigestellt oder verboten wird. Schon aus diesem Grunde, aber ausserdem aus polizeilichen und mercantilen Rücksichten wird ein solcher Canal mit sehr vollkommenen telegraphischen Einrichtungen zu versehen sein.

Ein mit Seewasser gefüllter Canal bedarf ferner für die Kesselspeisung der kleineren Schleppdampfer und zur thunlichsten Bequemlichkeit des übrigen Betriebs in mässigen Entfernungen von etwa 10^{Km} Süsswasserstationen, welche je nach der Belegenheit durch natürliche Brunnen oder künstliche Leitung zu speisen sind. Ausserdem wird es sehr nützlich sein, den Canal wenigstens an allen etwaigen Winkelpunkten, Halte- und Ausweichestellen zu erleuchten, weil der Betrieb auch in der Nacht nicht ganz eingestellt werden darf.

§ 18. Beispiele von Seeschiffahrtscanälen. Als Repräsentanten der drei wesentlich verschiedenen Arten von Seeschiffahrtscanälen können in technischer Beziehung nach der Eintheilung des vorigen Paragraphen gelten: der Caledonische-, der Amsterdamer- und der Suez-Canal. Dieselben sollen im Nachstehenden, unter kurzer Erwähnung einiger verwandter Anlagen, etwas näher beschrieben werden.

Der Caledonische Canal wurde im Jahre 1823 eröffnet und ist unter Oberleitung Telford's projectirt und ausgeführt. Er ist jedoch in der Zeit von 1838 bis 1847 wesentlich verbessert. Indem er etwas nördlicher als die Mündung des Clyde-Flusses, an der westlichen Seite Schottlands in dem tief landeinwärts sich erstreckenden Loch Linnhe die eine Mündung hat und mit nur $97,4^{Km}$ Länge, unter Benutzung mehrerer tiefen und etwa 60^{Km} langen Seen von Südwest nach Nordost das nördliche Schottland durchschneidend an der Ostküste bei dem an einer tiefen Bucht liegenden Inverness wieder ausmündet, (vergl. Fig. 4, Taf. XLIV), gewährt er den Schiffen, welche vom atlantischen Ocean in die Nordsee und umgekehrt wollen, eine erhebliche Abkürzung und die Vermeidung der oft sehr gefährlichen Passage um die Nordspitze Schottlands. Trotzdem der Canal eine relativ sehr bedeutende Einsattelung des gebirgigen Landes verfolgt, liegt doch seine oberste Haltung 30^m über dem gewöhnlichen Hochwasser der Ostküste. Ausser mehreren Regulirungsschleusen und blossen Sperrschleusen sind an der Westseite 12, an der Ostseite 13 Kammerschleusen mit etwa $2^m,3$ Gefälle nöthig gewesen um jenes Totalgefälle zu überwinden. Diese Schleusen liegen fast durchweg in Gruppen als Kuppelschleusen zusammen, und zwar von Westen her gerechnet 2, 8 und 2 bis zur obersten Haltung, von dort wieder, nach zwei einfachen, 5, 4 und 2 zusammengekuppelt.

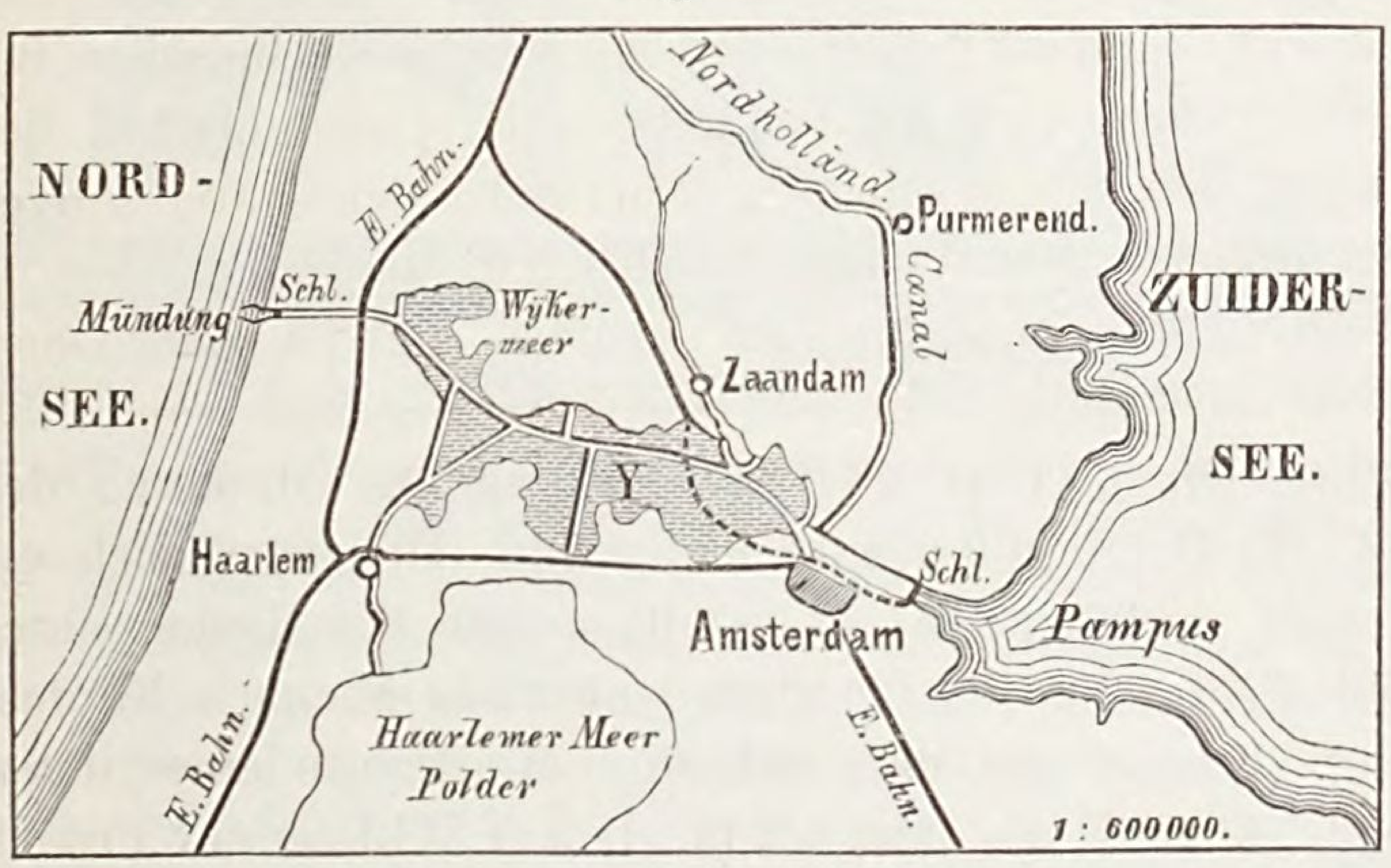
Die Schleusen haben im Durchschnitt 52 bis 55^m Länge zwischen den Thoren, $12^m,2$ Weite und $2^m,4$ Gefälle. Der Canal selbst sollte dabei planmässig $36^m,6$ Spiegelbreite und $15^m,25$ Sohlenbreite und $6^m,1$ Tiefe erhalten haben, doch giebt Stevenson an, dass nur Schiffe mit etwa 49^m Länge, $11^m,6$ Breite und $5^m,2$ Tiefgang den Canal wirklich passiren können.

Im Ganzen hat dieser Canal, wohl hauptsächlich wegen der zahlreichen Schleusen bei Weitem nicht den für die Schiffahrt gehegten Erwartungen entsprochen, indem die Schiffe bei einigermaassen gutem Wetter den Weg um Schottlands Nordspitze wegen Zeit- und Kostenersparniss vorziehen. Näheres siehe Allg. Bauz. 1854.

Zu der ersten Classe der Seecanäle ist ferner der Nordholländische Canal zu rechnen, derselbe beginnt gegenüber Amsterdam am Y und geht in starken Windungen mit 83^{Km} Länge und mit 3 Haltungen bis zur Nordspitze der Provinz Nordholland, dem sog. Helder, wo bereits im vorigen Jahrhundert der späterhin durch Willemsoord als Kriegshafen ersetzte Hafen von Nieuwediep (siehe Cap. XVII) angelegt worden war. Die erwähnten Haltungen dienen hier nicht wie sonst bei Canälen zur Ueberwindung einer starken Terrainsteigung, sondern umgekehrt zur Senkung des Canalspiegels unter den Wasserstand ausserhalb des Canales, weil nämlich ein grosser Theil des eingedeichten Landes auch diese Tiefe besitzt und bei einer höheren horizontalen Durchführung des Canalspiegels die künstliche Entwässerung der umliegenden Ländereien erschwert oder geschädigt worden wäre. Die Sohlenbreite des nordholländischen Canals beträgt 10^m, die wirklich anstatt der zu 7^m beabsichtigten erreichte Tiefe $5^m,7$ und die Spiegelbreite 40^m. Die Schleusen sind in den Thoren $15^m,5$ weit und zwischen denselben $62^m,5$ lang. Wegen dieser nur sehr mässigen Schiffen die Fahrt gestattenden Dimensionen, sowie durch seine grosse Länge und mehrfachen Schleusen, endlich wegen ungünstiger gegen die herrschenden Westwinde ungeschützter Lage entsprach der Canal längst nicht mehr den Anforderungen eines grossen Seeplatzes. In Folge der letzteren Umstände dauert die Fahrt von Nieuwediep bis Amsterdam oft über zwei Tage.

Der im Jahre 1874 eröffnete Amsterdamer Seecanal ist das hervorragendste Beispiel der zweiten Klasse von Seecanälen, indem er nur eine einzige tiefliegende Haltung besitzt, aber an seinen Enden gegen die See geschlossen ist. Er kann dabei sowohl als ein Verbindungscanal zwischen Nordsee und der Zuider-See als auch als ein nur zu einem Hafen führender Canal gelten, indem von beiden Seiten her Amsterdam das eigentliche Ziel bleibt. Seine Nothwendigkeit entstand dadurch, dass Amsterdam, welches nach der

Fig. 6.



vorstehenden Skizze (Fig. 6) an einer zipfelartigen Bucht der Zuider-See, dem Y, liegt, durch diese direkte Verbindung mit dem Meere nur mit kleinen Schiffen bis zu 4^m Tiefgang zugänglich war, und dass auch für die Concurrenz mit Rotterdam u. s. w. selbst der erst im Jahre 1825 vollendete nordholländische Canal (siehe oben) nicht mehr genügte. Es wurde desshalb im Jahre 1863 der Bau des neuen Amsterdamer Canals beschlossen, 1865 begonnen und etwa im Jahre 1874 beendet. Vor der Ausführung dieses zwischen den Schleusen an der Nordsee und an der Zuider-See 29^{Km} langen Canales war nur die erste Strecke von $5,9^{Km}$ auf der Halbinsel und eine kurze Zwischenstrecke von $0,8^{Km}$ des Polders Buitenhuizen festes Land, alles Uebrige lag in der etwa 4^m unter mittlerem Wasser tiefen Fläche des Y und seines westlichen Theiles, des Wykermeeres.

Da neben der Canalanlage zugleich die Trockenlegung des ganzen Y's und Wykermeeres von zusammen etwa 5700^{Ha} beabsichtigt war, und der Schiffahrtscanal als Recipient für die künstliche Entwässerung nicht allein dieser neuen Landflächen,

sondern auch anderer künstlich entwässerten Flächen wie z. B. des allein 18000 Ha grossen Harlemer Meeres u. s. w. dienen sollte, so wurde für ihn ein niedriger Normalspiegel von —*0,5 A.P.* (Amsterdamer Peil oder Pegel) angenommen. Es hat nämlich an der Mündung des Canals an der Nordsee das gewöhnliche Hochwasser +*0,9*, das gewöhnliche Niedrigwasser —*0,5 A.P.*, die höchstbekannte Sturmfluth +*3,4 A.P.*, wogegen am Zuider-See die drei entsprechenden Stände bezw. +*0,12*, —*0,24* und +*2,5 A.P.* betragen und der mittlere Wasserstand auf —*0,15 A.P.* liegt. Bei dieser Höhenlage des Canalspiegels gegen die Aussenwasserstände musste offenbar der Canal selbst ebenfalls mit einem starken Schöpfwerk versehen werden, welches neben der Schiffschleusenanlage am Zuider-See Platz gefunden hat. Trotz der niedrigen Spiegelhöhe des Canales bedurfte derselbe aber noch bedeutender Seitendämme, um die etwa 4 m tiefer liegende Fläche des Y's sicher zu stellen. Diese Dämme, welche zugleich die neuen Polderdeiche bilden, liegen, wie das nachstehende Profil (Fig. 7b) zeigt, in bedeutender Entfernung von dem 7 m unter Normalwasser tiefen Theile des Canal-

Fig. 7a.

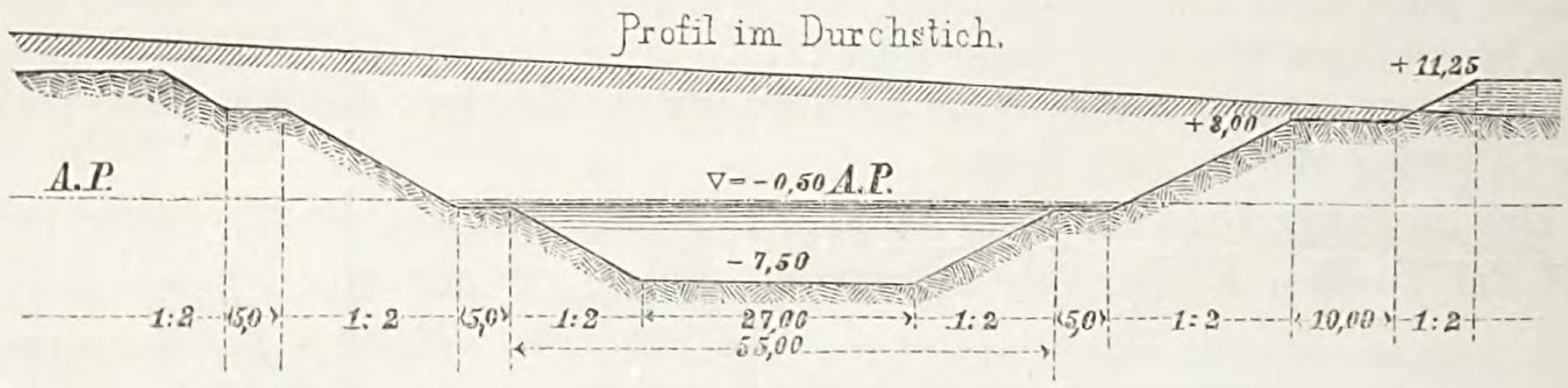
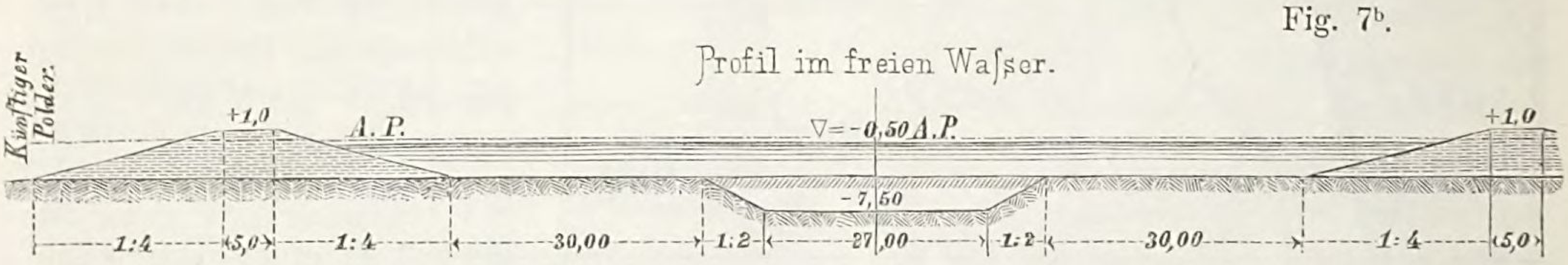


Fig. 7b.



profils, dessen ausgebaggerte Erde, wie im Cap. XVII, § 19 angegeben ist, zum Theil durch Kreiselpumpen u. s. w. in die Dammstelle gefördert wurde. Die Durchstechung des Dünenterrains an der Nordsee, welches bis zu 18 m über dem Canalspiegel lag, lieferte nach Ausweis des Durchstichprofils Fig. 7a eine genügende Menge schweren Sand, um einen festen Kern der Dämme und eine beliebige Mischung des weichen Schlicks mit Sand zu gewinnen. Es sind von dort allein etwa 2 Millionen kb m Sand in die Canaldämme transportirt, deren Herstellung bis zur Höhe des mittleren Wassers der Ausbaggerung des Canalprofiles vorangehen musste, um ein Zutreiben desselben zu verhindern. Die Zuführung des Sandes aus dem Durchstich zu den Canaldämmen erfolgte durch Eisenbahnen mit kleinen Locomotiven und zwar anfangs mittelst Kopfschüttung. Da dieser Betrieb aber zu langsam für die Herstellung der Dämme war, so benutzte man eine Zeit lang schwimmende Gerüste aus zwei Reihen von Schiffen, welche durch eine sie zusammenhaltende und die Erdwagen tragende Bahn verbunden waren und zu beiden Seiten des anzuschüttenden Dammes schwammen, bis man endlich von festen Sturzbahnen den Sandboden in grosse Prahme schüttete und diese mit Schleppdampfern an die anzuschüttende Dammstelle bugsirte.

Vor der Stadt Amsterdam erweitert sich der Canal etwa zu 1 Km Breite als Hafenbassin. Zur Verbindung anderer kleiner Hafenorte und zur Entwässerung der anschliessenden Polder münden 9 Seitencanäle in den Hauptcanal.

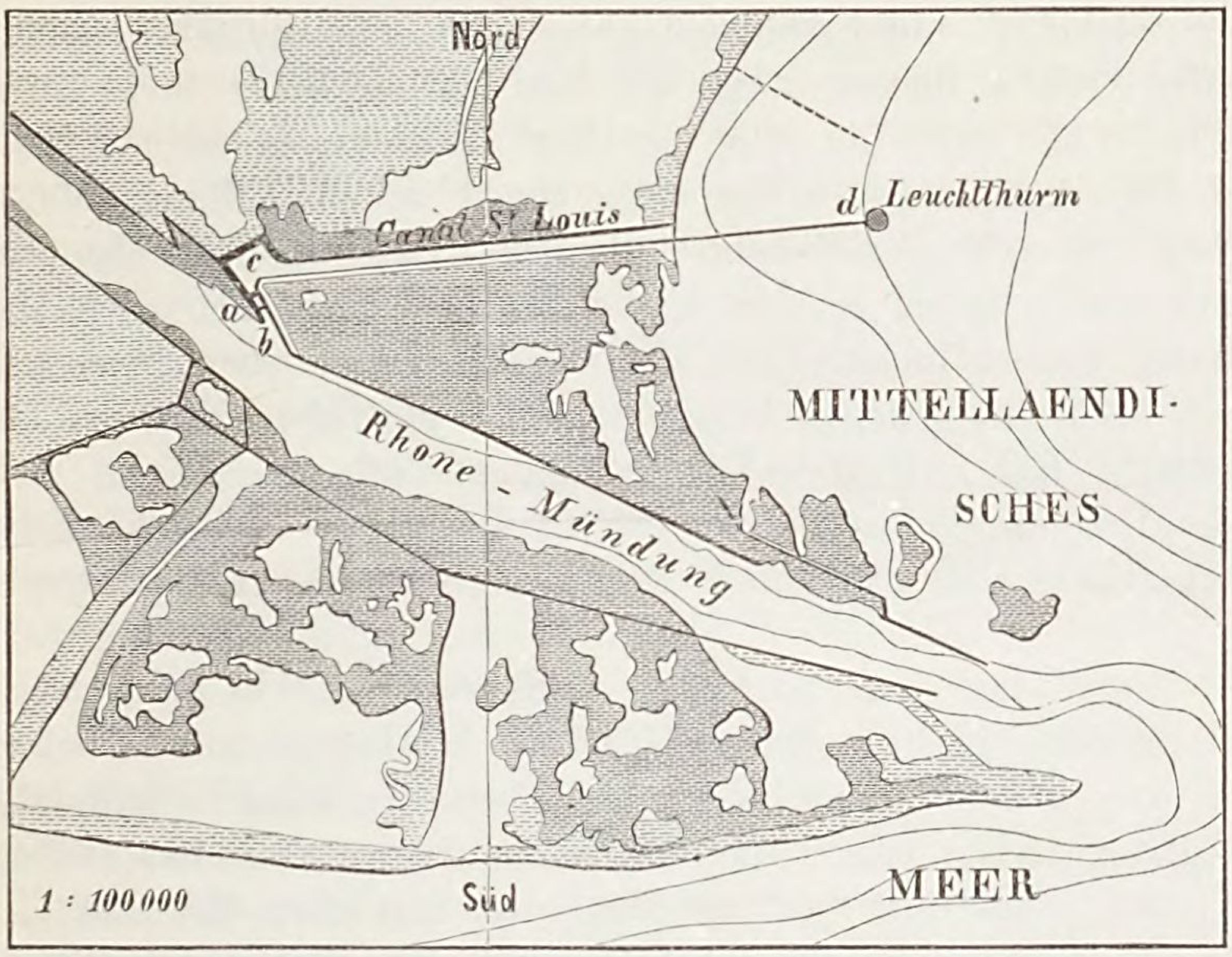
Während über die Schleusenanlagen im Cap. XVI und über die Mündung an

der Nordsee im Cap. XVII nähere Angaben erfolgen, muss hinsichtlich der vielen sonst höchst interessanten Einzelnheiten, z. B. der Schöpfanlage, der Ausführung der Erdarbeiten u. s. w. auf die ausführliche Mittheilung von Wiebe, Zeitschr. f. Bauw. 1872, verwiesen werden.

Zu dieser Classe von Seecanälen gehören ferner die in Cap. XVII § 7 gelegentlich der Anlage des Vlissinger Hafens erwähnten neuen Canäle in der Provinz Seeland und der Canal von Voorne (siehe Storm-Buysing II. Theil, S. 295).

Eine sehr eigenthümliche Seecanalanlage der zweiten Gattung ist schliesslich der Canal von St. Louis, welcher nach beistehender Situationszeichnung Fig. 8 oberhalb der Mündung der Rhone ins Mittelländische Meer führt. Die Rhone leidet in der Gegend ihrer Mündung wegen Mangels an Ebbe und Fluth so an Versandungen, dass dadurch für die Schiffahrt die grössten Schwierigkeiten entstehen. Wie die Figur angiebt, lagern sich die Sinkstoffe des Flusses gleich vor der Mündung derartig ab, dass eine sog. Deltabildung und Spaltung in viele Arme eingetreten ist. Die verschiedenartigsten Versuche, diesem Misstande zu begegnen, so z. B. gänzliche Verlegung des Flussbettes nebst Regulirung der Mündung, wovon die letztere in den Jahren 1852—57 1,4 Mill. Fr. kostete, erwiesen sich als nutzlos. Es wurde daher im Jahre 1863 beschlossen, oberhalb der noch versandenden Strecke aus der Rhone mit einem Canal in grader Linie, fast von West nach Ost, in das Meer zu gehen, wo sich die Niederschläge der Rhone nicht erheblich bemerkbar machen.

Fig. 8.



Der Canal erhielt demnach in der Alluvion des Flusses die Länge von 3,3^{Km}, mit einem südlichen Aussendamm von ca. 1,7^{Km}, auf dessen Spitze bei *d* ein Leuchtthurm steht. Vom nördichen Ufer aus und 1,3^{Km} von der Mündung des Canals entfernt soll noch ein Damm gebaut werden, der mit jenem convergirt und einen vorhafenartigen Raum einschliesst. Der Canal selbst hat 30^{m} Sohlenbreite und bei niedrigstem, mehr durch Wind als durch Ebbe fallenden Wasser eine Spiegelbreite von 63^{m} mit einer Tiefe von 6^{m}. An seinem oberen Ende besitzt er ein geräumiges Bassin mit 1100^{m} langen Kaimauern. Dasselbe dient als Hafen zum Umladen zwischen Fluss- und Seeschiffen. Das Bassin ist mit der Rhone durch eine mit ihrer Achse stark flussabwärts gerichtete Schleuse *a* von 22^{m} Weite, 7^{m},5 Tiefe unter niedrigstem Wasser und 160^{m} Kammerlänge verbunden. Die grössere Tiefe ist deshalb gegeben, weil es fraglich erschien, ob nicht demnächst auch der ganze Canal eine solche Tiefe erhalten werde. Vor der Schleuse liegt an der Rhone ein 115^{m} langer und 60^{m} breiter Vorhafen *b*. Die Schleusenthore kehren einfach nach der Rhone hin, wobei in der Regel nur etwa 0^{m},5, bei Hochwasser der Rhone jedoch 1^{m},88 Wasserdifferenz besteht.

Zur dritten Classe der Seeschiffahrtscanäle aber darin bis jetzt alleinstehend gehört endlich der Suez-Canal. Dieser Canal, der wie eine völlig offene Meerenge das Mittelmeer mit dem Rothen Meer verbindet, nimmt trotz seiner Einfachheit durch die Kühnheit des Unternehmens und die Geschicklichkeit in der Ausführung unter allen neueren Werken der Ingenieurkunst einen sehr hohen Rang ein. Seine Bedeutung wurde noch zur Zeit der Eröffnung von vielen Seiten bestritten, hat aber

schon in den ersten 10 Jahren nachher im Allgemeinen die Erwartungen übertroffen. Sie liegt hauptsächlich begründet in der Abkürzung eines der wichtigsten Handelswege der ganzen Erde, des Weges zwischen dem westlichen Europa und Ostindien, welcher dadurch von 10 bis 12 Tausend auf etwas über 6 Tausend Seemeilen reducirt worden ist. Diese Abkürzung begleicht eine Ersparung von etwa 36 Reisetagen. Daneben wird sich die Verbindung der Mittelmeerländer mit Indien, Ostasien und Australien, welche bislang wenig Schiffsverkehr unterhielten, durch die sich erst allmählich vollziehende intensivere Handelsbewegung mit der Zeit in ähnlicher Weise geltend machen.

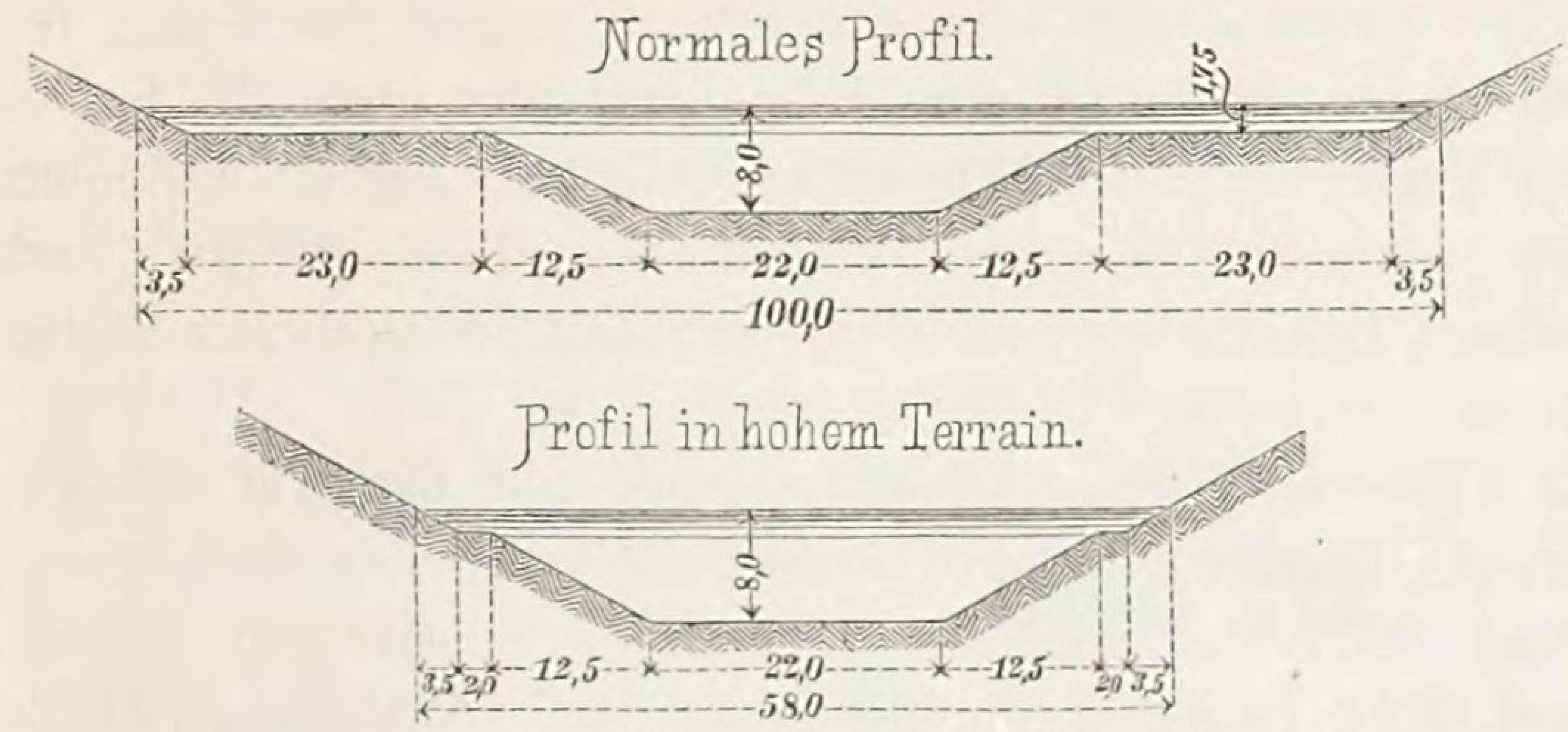
Als Beleg für die Verkehrs- und Ertrags-Zunahme möge nur die auf officiellem Nachweis beruhende Angabe dienen, dass mit fast continuirlicher Steigerung in den 8 Jahren von 1870 bis 1877 die Zahl der den Canal passirenden Schiffe von 486 auf 1663 und die erhobene Durchfuhrgebühr von 4 auf 26 Millionen Mark gestiegen ist. Es ist bei entsprechender Zunahme die direkte Rentabilität des auf etwa 300 Millionen Mark Anlagekosten zu schätzenden Unternehmens auch nach Abzug von etwa 14 Millionen Unterhaltungskosten sogar mehr als gesichert, was bei allen Wasserstrassen nur in höchst seltenen Fällen eintritt. Wie aber zu erwarten stand, hat sich der Verkehr fast ausschliesslich auf Dampfschiffe beschränkt, und ist die Entwickelung der Dampfschiffahrt für den Erfolg des Canals vielleicht nicht minder bedeutend als umgekehrt dieser für das weitere Ueberhandnehmen der Dampfschiffe über Segler.

Da der Canal während und kurz nach der Ausführung fast in jeder technischen Zeitschrift, u. A. in der Zeitschr. f. Bauw. 1870 von L. Hagen, ausführlicher beschrieben worden, so müssen hier die wichtigsten Angaben über seine Verhältnisse genügen. Der Canal besitzt zwischen seinen Mündungen eine Länge von etwa 160^{Km}. Davon fallen von der neuen Stadt Port Said am Mittelmeer aus etwa 46^{Km} auf die Strecke des Menzaleh Sees, einer nur wenig unter dem mittleren Stande des Mittelmeeres liegenden Fläche, etwa 33 auf die im Ganzen nur wenig darüber erhabene Strecke bis zum Timsah See, vor welchem jedoch kurz vorher sich das bis 20^{m} darüber steigende Plateau El Guisir erhebt; etwa 4^{Km} fallen in den genannten See, an welchem die neue Stadt Ismailia liegt; es folgt dann eine etwa 15^{Km} lange Strecke durch das Plateau des Serapeum von etwa 8^{m} über dem Meeresspiegel, darauf wieder die etwa 37^{Km} lange Seestrecke der Bitterseen und endlich die etwa 25^{Km} lange Strecke des niedrigen Plateaus Chaluf el Terraba, an dessen Ende die alte Stadt Suez am rothen Meere liegt. Siehe Fig. 8 und 9, Taf. LVIII.

Man kann annehmen, dass die mittleren Stände beider Meere in gleicher Höhe liegen. Am Mittelmeer bei Port Said beträgt die gewöhnliche Fluth $0^{m},44$ und die höchste Fluth bei Sturm etwa $0^{m},95$, während bei Suez am rothen Meere die $0^{m},8$ bis $1^{m},5$ betragenden regelmässigen Fluthen durch Sturm bis auf $3^{m},24$ gesteigert werden. Dennoch strömt von dieser Seite das Wasser nur mit einer Maximalgeschwindigkeit von $1^{m},5$ in den Canal und erzeugt in den 30000^{Ha} grossen Bitterseen nur 2 bis 3^{cm} Fluthschwankung. Die Ebbeströmung ist sogar wegen der starken Verdunstung noch geringer. Eine Strömung von Meer zu Meer ist noch nicht beobachtet. Die Schiffahrt wird also durch die Strömung in der Regel gar nicht merklich beeinflusst und bleibt auch das Eintreiben von Sand völlig in den Grenzen unschädlicher Ablagerungen. Ebenso kann man das an einigen Stellen stattfindende Hineinwehen des Wüstensandes zu nur $0^{m},1$ für 1 Jahr rechnen.

Das normale Querprofil des Canals ist in der nachstehenden ersten Fig. 9 dargestellt, von welchem der Kostenersparung wegen in den tiefen Einschnitten, unter Einschränkung der oberen Breite, nach der zweiten Figur abgewichen ist. In den Seestrecken ist nur eine mindestens den obigen Profilen entsprechende tiefe Rinne gebaggert und durch Baken und kleine Leuchtthürme bezeichnet. Die fast durchweg sandigen Böschungen sind nur in der Wasserhöhe mit Bruchsteinen beworfen, da ein Pflanzenwuchs sich wegen des stark salzigen Wassers nicht bilden lässt. Da das Profil für zwei grösste Schiffe nicht ein bequemes Ausweichen gestattet, so sind in etwa 10^{Km} Entfernungen besondere Ausweichstellen angelegt.

Fig. 9.



Von der allergrössten Bedeutung für den Canal ist die Verbindung desselben mit dem Nil durch den im alten Thale Gosen entlang geführten Süsswassercanal. Derselbe liegt ungefähr an derselben Stelle, an dem sich etwa seit 600 Jahren v. Chr. bis zum Jahre 800 nach Chr. der das Rothe Meer mit dem Nil verbindende Schifffahrtscanal befunden hat. Der jetzige Süsswassercanal mündet zunächst bei Ismailia, geht jedoch von dort weiter bis nach Suez, ist etwa $1^m,5$ tief mit 8^m Sohlenbreite, und dient nebenbei zur Schiffahrt. Sein Hauptzweck ist jedoch die Speisung der ganzen Seecanalanlagen und Hafenstädte mit Süsswasser, welches sonst gänzlich fehlen würde, da es in jener Gegend fast nie regnet. Von Ismailia bis Port Said läuft eine Rohrleitung, welche in je 4^{Km} Entfernung an besonderen Anlagestellen Reservoire besitzt, aus denen anlegende Schiffe namentlich die kleinen Schleppdampfer mittelst Schläuchen bequem Wasser entnehmen können. Das Süsswasser des Nils erzeugt ausserdem auf der sandigen Oberfläche in kurzer Zeit eine üppige Vegetation, deren Bestand jedoch von der dauernden Bewässerung vollständig abhängt.

Ueber die als Hafeneinfahrten zu betrachtenden Mündungen, sowie über den zur Ausführung angewandten grossartigen Baggerbetrieb siehe Cap. XVII.

Aus den Vorschriften über die Benutzung des Canales ist hervorzuheben, dass die Schiffe nur bis zu 7^m Tiefgang zugelassen werden, alle Segelschiffe über 50 Tonnen sich schleppen lassen müssen und die grösste zulässige Geschwindigkeit 10^{Km} in der Stunde beträgt.[15])

[15]) Ueber die Durchstiche der Landenge von Panama s. Zeitsch. d. A.- u. I.-Ver. zu Hann. 1878, S. 560.

Literatur.

Storm Buysing. Handleiding tot de kennis der Waterbouwkunde etc. Breda. 1864.

Minard. Cours de constr. des ouvrages qui établissement la navigation des rivières et des canaux. 1841.

Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. Berlin. III. Th. 1863.

David Stevenson. The principles and practice of canal and river engineering. Edinburg 1872.

Krause. Der Dünenbau.

Dalman. Stromcorrection im Fluthgebiet. Hamburg 1856.

XVI. Capitel.

Schiffsschleusen.

Bearbeitet von

L. Franzius,

Oberbaudirector in Bremen.

(Hierzu Tafel XLIX bis LVI und 52 Holzschnitte).

§ 1. Einleitung. Unter „Schleuse" versteht man im Allgemeinen jedes Bauwerk, welches zwei Wasserflächen von verschiedener Spiegelhöhe durch eine verschliessbare Oeffnung verbindet. Sobald diese Verbindung auch eine schiffbare ist, so heisst die betreffende Schleuse eine Schiffsschleuse oder Schifffahrtsschleuse, gleichviel ob die Schiffahrt Hauptzweck oder nur Nebenzweck bei der Anlage ist. In dem nachfolgenden Capitel sollen nur die schiffbaren Schleusen besprochen werden, während im Allgemeinen hinsichtlich der Stauschleusen auf Cap. VII und hinsichtlich der nur zum Spülen von Hafenmündungen dienenden Stauschleusen oder Spülschleusen auf Cap. XVII, endlich betreffs der in Deichen liegenden Entwässerungsschleusen oder Siele auf Cap. XIII Bezug genommen werden muss. Die den Schiffsschleusen nahe verwandten schiffbaren Stauschleusen und die Schiffsdurchlässe sind in § 5 des VI. Capitels besprochen. Es kann unter Umständen eine Entwässerungsschleuse auch für die Schiffahrt oder eine Schiffsschleuse auch zur Spülung dienen; in solchen und ähnlichen Fällen wird für die nachstehende Besprechung die betreffende Schleuse auch als Schiffsschleuse angesehen.

Die obige allgemeine Definition lässt sich nun noch anschaulicher dahin ergänzen, dass es der Zweck der Schiffsschleusen ist, den Schiffen zwar jederzeit oder auch nur zeitweilig den Durchgang zu gestatten, das Wasser jedoch nach Belieben am freien Durchfluss zu verhindern.

Diese doppelte Forderung ist hervorgegangen aus den Ansprüchen an einen möglichst bequemen und sicheren Schiffahrtsbetrieb und aus den Rücksichten, welche dabei auf die billigste Herstellung der Schiffahrtsanlagen sowie auf die Bewohnbarkeit und die Cultur der hiervon berührten Landstriche genommen werden müssen. Es erhellt dieses am deutlichsten, wenn die Hauptfälle, in denen Schiffsschleusen zur Anwendung kommen, genannt werden. Hierhin gehören einerseits die Anlage der Schiffahrtscanäle und die Canalisation der Flüsse oder die für die Binnen-

schiffahrt nothwendigen Anlagen, andererseits die für die Seeschiffahrt in manchen Fällen erforderlichen Hafenschleusen in ihrer verschiedensten Gestalt.

Wie im Cap. VIII und IX ausführlicher besprochen worden ist, dienen die Canalschleusen für sich allein, und die zur Canalisation von Flüssen zu erbauenden Schleusen in Verbindung mit anderen Stauanlagen dazu, das Gefälle der Canäle oder Flüsse an bestimmten Stellen zu concentriren und trotzdem die Schiffe mit Leichtigkeit diese Stellen passiren zu lassen. Bei den Canälen soll dabei vorzugsweise das geringe Quantum disponiblen Wassers so über der geneigten Oberfläche des natürlichen Bodens vertheilt werden, dass es, in einzelnen ganz oder nahezu horizontalen „Haltungen" eingeschlossen, am Abfluss möglichst gehindert wird. Bei den Canalisationen dagegen sollen die Schiffsschleusen vorzugsweise nur die durch Wehranlagen geschaffenen Staustellen für die Schiffe passirbar machen, nebenbei jedoch auch den Stau mit aufrecht erhalten. In beiden Fällen sind also die eigentlichen Schiffsschleusen von ähnlicher Bedeutung und abgesehen von dem Anschlusse an andere bauliche Theile in der principiellen Anordnung völlig gleich.

Weit mannigfaltiger werden dagegen die Schiffsschleusen, welche zu Zwecken der Seeschiffahrt anzulegen sind. Es kommt hierbei vor allen Dingen in Frage, ob die zu verbindenden Wasserflächen, in der Regel das Aussenwasser und der Hafen, dauernd oder nur zeitweilig verschiedene Spiegelhöhen besitzen. Im ersteren Falle kann die Schleuse zuweilen in ihrer Anordnung einer Canal- oder Flusschleuse sehr ähnlich sein; im letzteren Falle jedoch genügen oft noch einfachere Schleusen, welche nur zu gewissen Zeiten verschlossen sind, zu anderen dagegen völlig offen stehen. Da indessen an der See und namentlich in Folge der Ebbe und Fluth die Wasserstände einem rascheren, häufigeren und vielseitigeren Wechsel unterliegen, als an oberen Flusstrecken, so entstehen daraus auch complicirtere Schleusenanlagen. Denn bei manchen derselben ist das Wasser nur eine Zeit lang an der einen Seite höher und sinkt bald darauf wieder tiefer hinab als der Wasserstand an der anderen Seite. Es genügt alsdann oft nicht, dass die Schleuse nach der einen Richtung hin das höhere Wasser abhalte, sondern sie muss dieses nach beiden Richtungen bewirken und daneben je nach den Anforderungen der Schiffahrt fortwährend oder nur zu gewissen Zeiten die Schiffe hindurchlassen können.

Wie verschieden aber auch in den einzelnen Fällen die Aufgabe und die Anordnung der Schleusen sein mag, immer beruht die letztere auf gleichen Principien für die Haupttheile der Schleuse. Diese sind, ganz abgesehen von der specielleren Construction das sog. Haupt, oder unter Umständen die Häupter, mit der Verschlussvorrichtung und die sog. Kammer, falls solche überhaupt vorhanden.

Unter einem Schleusenhaupt versteht man im weitesten Sinne die feste Umrahmung der Durchfahrtsöffnung einschliesslich der zur zeitweiligen Absperrung derselben dienenden Verschlussvorrichtung und der nothwendigerweise mit der Oeffnung und deren Verschluss verbundenen Nebentheile. Eine bestimmtere Definition wird erst nach der Beschreibung dieser einzelnen Stücke (§ 5 und 6) möglich werden. Es ist aber schon in der vorstehenden Form enthalten, dass ein einziges Haupt nur zeitweilig den Schiffen die Durchfahrt gestattet, wenn nämlich bei gleichen oder annähernd gleichen Wasserständen zu beiden Seiten eine genügend leichte Oeffnung des Verschlusses und ein sicheres, gefahrloses Durchfahren der Schiffe erfolgen kann. Offenbar genügt also ein Haupt nur dann, wenn die Wasserstände zu beiden Seiten sich zeitweilig, aber mit einer genügenden Regelmässigkeit und Dauer ausspiegeln.

Findet dieses nicht statt oder bleibt gar dauernd ein höherer Stand an der einen oder anderen Seite, so kann nur dadurch die regelmässige, leichte und sichere Durchfahrt gewonnen werden, dass zwei gleichartige Häupter in einer der Länge der Schiffe entsprechenden Entfernung hintereinander gelegt werden. Der Zwischenraum beider Häupter heisst dann die Kammer und die Schleuse wird eine Kammerschleuse. Die Kammer dient alsdann dazu, das von dem Ober- oder Unterwasser herkommende Schiff aufzunehmen, sobald der Wasserstand in der Kammer mit dem Ober- oder Unterwasser auf gleiche Höhe gebracht ist und die betreffende Verschlussvorrichtung des dem Schiffe zunächst liegenden Hauptes geöffnet werden kann. Nachdem das Schiff in die Kammer eingefahren, wird dieses Haupt geschlossen, der Wasserstand der Kammer durch geeignete Vorrichtungen auf die Höhe des Unter- bezw. Oberwassers gebracht, das in der Fahrrichtung des Schiffs diesem zunächst liegende Haupt sodann geöffnet und das Schiff aus der Kammer in das Unter- bezw. Oberwasser gezogen. Die Kammer ist also derjenige Raum, welcher nach Belieben mit dem Ober- oder Unterwasser in offene Verbindung gesetzt werden kann und dabei das durchfahrende Schiff freischwimmend und ohne irgend welche Leistung oder Beanspruchung von seiner Seite als die langsame Fortbewegung nach geöffnetem Verschluss, auf den niedrigeren Wasserstand hinabsenkt oder auf den höheren erhebt.

Die Verschlussvorrichtung eines Hauptes wird nun fast allgemein das Thor einer Schleuse oder das Schleusenthor genannt, wobei jedoch der Sprachgebrauch darin schwankend ist, ob unter Thor nur allein die beweglichen oder auch zugleich die festen Theile des Verschlusses mit verstanden werden. Dem allgemeinsten Begriffe eines Thores würde die letztere Auffassung mehr entsprechen, doch findet thatsächlich die erstere eine grössere Verbreitung. Da nun ferner bei Weitem am häufigsten ein Schleusenthor zwei bewegliche, um eine verticale Achse drehbare Flügel besitzt, so wird auch hier nach verschiedenem Sprachgebrauch bald das Paar der zusammengehörenden Flügel, bald aber jeder einzelne das „Thor" genannt.

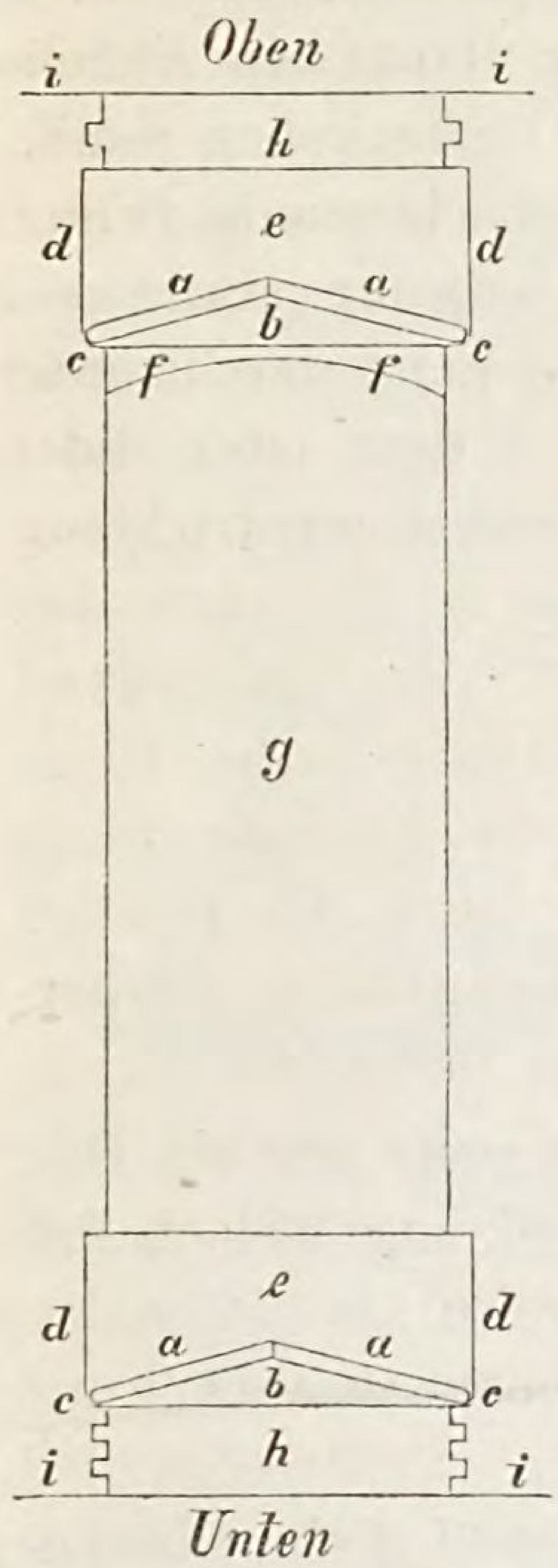
Die letztere Bezeichnung dürfte gewiss alsdann zulässig erscheinen, wenn z. B. auf Zeichnungen nur ein Flügel dargestellt, die Construction desselben jedoch auch für den anderen maassgebend ist und stillschweigend der zweite Flügel hinzugedacht wird. Aus dieser Gewohnheit wird sich wahrscheinlich der übrigens unrichtige Sprachgebrauch gebildet haben, einen einzigen nur einen halben Verschluss gewährenden Flügel ein Thor zu nennen.

Die Bezeichnung „Schleusenthor" gilt aber ferner und mit Recht auch für die seltener vorkommenden Verschlussarten (§ 6), nämlich für das einflügelige Drehthor, für horizontal liegende klappenartige Thore, für Schiebethore, und endlich frei bewegliche und in keiner festen Verbindung mit der Schleuse stehende Pontons.

§ 2. Arten, Formen und Benennungen. Nach den verschiedenen Zwecken, localen Umständen und Constructionsprincipien sind mehrere Arten von Schiffsschleusen sowie an jeder Art wieder gewisse Formen zu unterscheiden. Die Benennungen der Arten und Formen besitzen nun eine um so allgemeinere Gültigkeit, je mehr sie den Zweck der Schleuse erkennen lassen, und verdienen die aus localen oder constructiven Rücksichten entstandenen Benennungen nur in zweiter Linie also nur dann ihre Stelle, wenn über den Zweck kein Zweifel sein kann.

Es sei zunächst für die Feststellung der meisten Benennungen die Gliederung einer gewöhnlichen Kammerschleuse, nach nachstehender Skizze Fig. 1 und zwar von den Thoren ausgehend gegeben. Jedes zweiflüglige Thor *aa* lehnt sich mit den Unterkanten gegen den Drempel *b* und mit seinen Hinterkanten gegen die Wendenischen *cc*; nach geschehener Oeffnung liegen die Flügel in den Thorkammernischen *dd*, welche zu beiden Seiten die Thorkammer *e* begrenzen. Zwischen

Fig. 1.



dem Drempel des oberen Thores, welcher Drempel bei Schleusen mit merklichem Gefälle in der Regel nach unten hin durch einen Abfallboden *f* begrenzt ist, und der Thorkammer des unteres Thores liegt die Kammer *g* zur Aufnahme des zu hebenden oder zu senkenden Schiffes. Ausserhalb der oberen Thorkammer und des unteren Drempels liegen fast stets die Vorschleusen *hh*, also die obere bezw. untere Vorschleuse. Im Ganzen werden dann die 3 Hauptabtheilungen unterschieden: die Kammer *g* und die beiden Häupter, das Ober-Haupt *heb* und das Unter-Haupt *ebh*, mit den betreffenden Nebentheilen als etwaigen Flügeln *ii* u. s. w. Die Bezeichnungen dieser beiden Häupter gehen zuweilen über in Aussen- und Binnen-Haupt, wenn die Schleuse ein Binnengewässer, Canal, Hafen u. s. w. gegen ein äusseres, wie Fluss, See u. s. w. begrenzt, wobei jedoch nach den Höhenverhältnissen dieser Gewässer das Aussenhaupt entweder das Oberhaupt oder auch das Unterhaupt bilden kann.

Nach dem Zweck mögen sodann unter Annahme von Drehthoren folgende Arten unterschieden werden:

1. Die einfache Kammerschleuse (s. nebenstehende Fig. 1), welche nur nach einer Seite hin höheres Wasser halten oder kehren, jedoch jederzeit den Schiffen die Durchfahrt mit Hülfe des „Durchschleusens" gestatten soll, also im Wesentlichen aus der Kammer und zwei Häuptern mit je einem Thor besteht.

2. Die Schutz- oder Sperrschleuse (siehe Fig. 2), welche nur nach einer Seite, nach aussen, aber auch nur zeitweilig höheres Wasser abhalten, zu anderen Zeiten offen stehen und freie Durchfahrt gestatten soll, und desshalb nur aus einem Haupt mit einem Thor besteht, welches nur der Sicherheit wegen zuweilen verdoppelt wird.

3. Die Dockschleuse (Fig. 3), welche nur nach Innen zeitweilig höheres Wasser zurückhalten, zu anderen Zeiten offen stehen und freie Durchfahrt gestatten soll, daher ebenfalls nur aus einem Haupt mit einem Thor besteht.

Fig. 2.

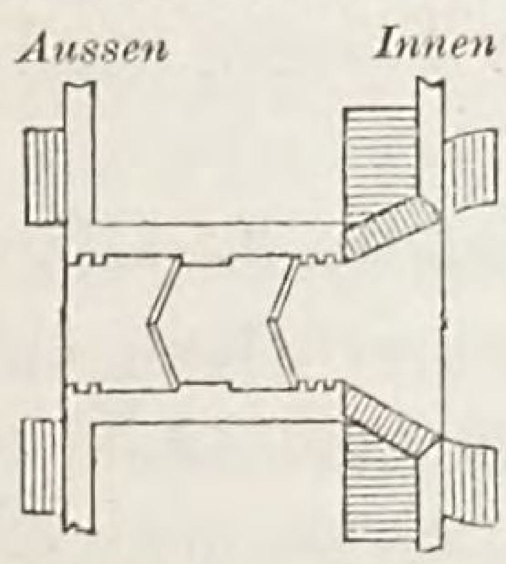


Fig. 3.

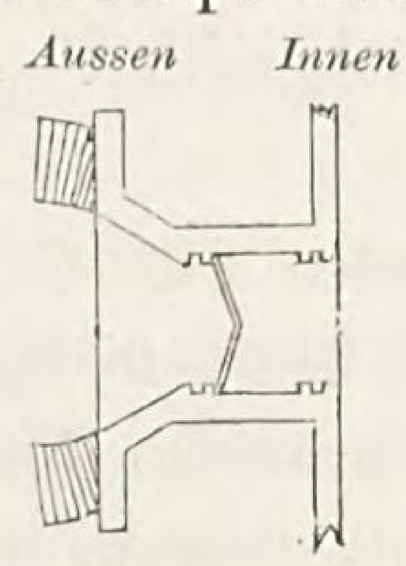
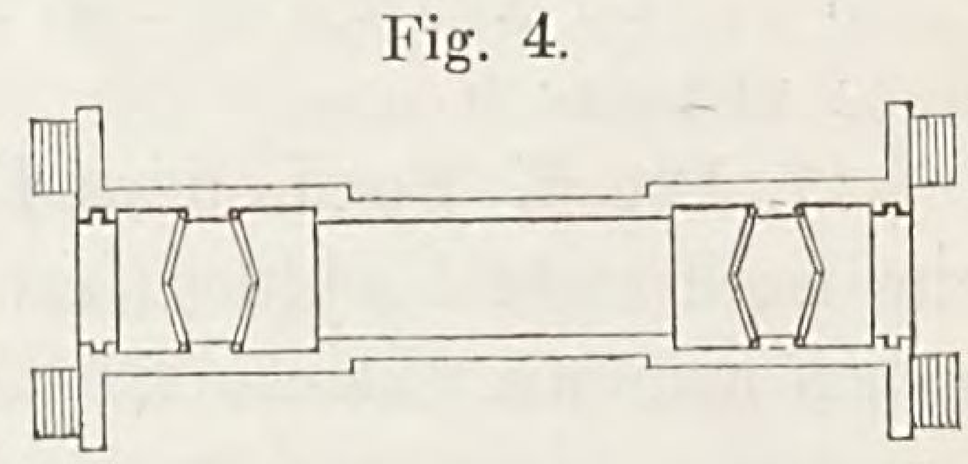


Fig. 4.



Aus diesen 3 Grundformen entstehen dann durch Combination verschiedener Zwecke die folgenden Formen:

4. Die Kammerschleuse (Fig. 4), welche nach beiden Richtungen hin höheres Wasser halten kann und doch jederzeit das Durchschleusen gestatten soll, also in jedem der beiden Häupter nach beiden Richtungen hin schliessende Thore haben muss, in der Regel also 4 Thore hat, wenn nicht etwa die Thore auf beiderseitigen Druck eingerichtet sein sollten.

5. Die Kammerschleuse, welche in der Regel nur von einer, ausnahmsweise auch von der anderen Richtung her höheres Wasser abhalten, in letzterem Falle jedoch

nicht passirbar sein soll und dann entweder als Kammer- oder Sperrschleuse oder als Kammer- und Dockschleuse erscheinen kann, also in dem einen Haupt ein einfaches Thor, in dem anderen aber nach beiden Richtungen kehrende Thore haben muss.

6. Die Schutz- oder Sperrschleuse, die zugleich Dockschleuse ist (Fig. 5), also abwechselnd nach beiden Richtungen kehren soll, um so seltener passirbar ist und nach beiden Richtungen kehrende Thore haben muss. Die Lage der Thore ist gewöhnlich die nach Fig. 5^{a}, selten die nach Fig. 5^{b}. Hierbei mögen auch die im § 6 besprochenen Gegenthore für Dockschleusen (Fig. 5^{c}) erwähnt werden.

Fig. 5^{a}.

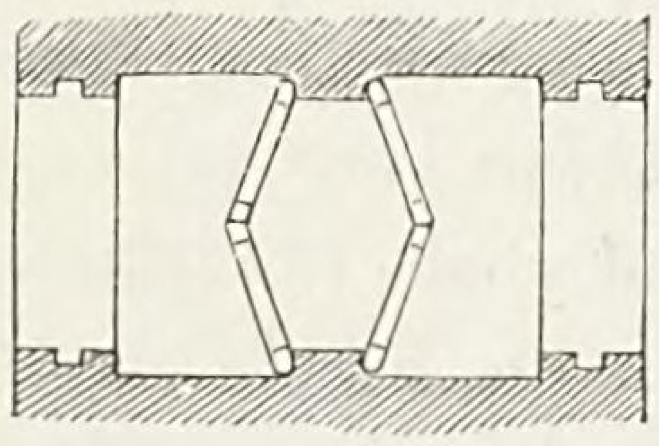


Fig. 5^{b}.

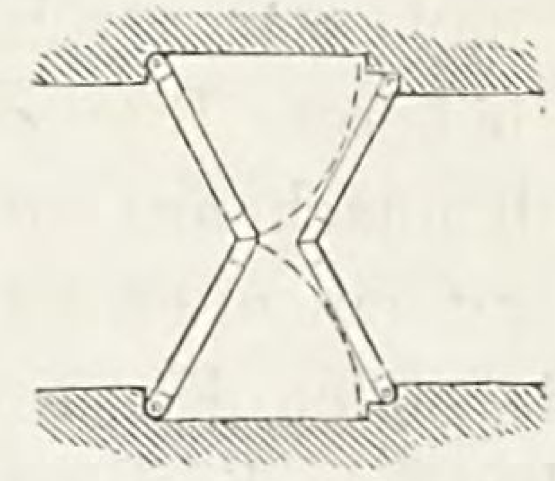
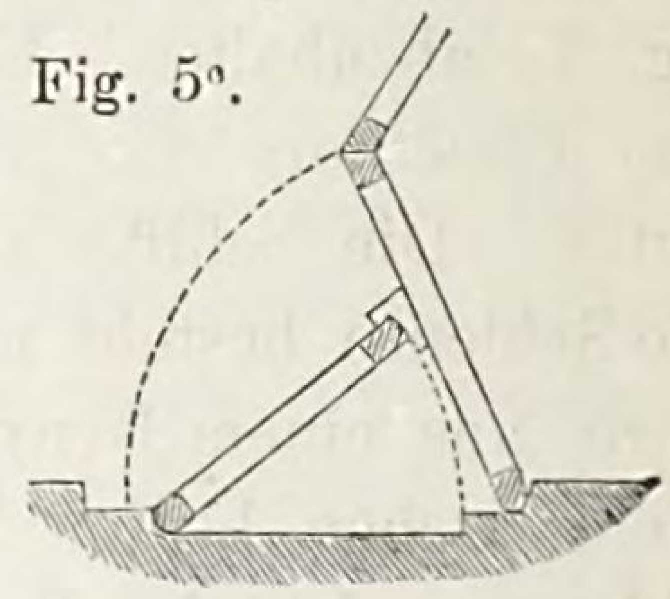


Fig. 5^{c}.



7. Die Fächerschleuse (und verwandte Arten), welche zwar nur ein Haupt und ein Thor hat, jedoch vermöge ihrer eigenthümlichen Anordnung sich beliebig gegen den höheren Wasserstand öffnen und sich daher vorzugsweise als Spülschleuse oder als Entlastungsschleuse, dabei mit gewöhnlichen anderen Thoren zusammen auch als Theil einer Kammerschleuse benutzen lässt.

8. Die Doppelschleuse, welche übrigens wie die gewöhnliche Kammerschleuse eingerichtet ist, jedoch eine für zwei Schiffe nebeneinander Raum bietende Kammer besitzt.

9. Die Kesselschleuse, welche in ähnlicher Weise für eine grössere Anzahl Schiffe in der Kammer Raum bietet.

10. Endlich sei die Verdoppelung der Thore erwähnt, welche zunächst vorzüglich bei der gewöhnlichen Schutzschleuse oder auch der unter 6 genannten Schutz- und Dockschleuse zur grösseren Sicherheit gegen hohe Sturmfluthen, in sehr seltenen Fällen auch bei reinen Dockschleusen mit grossem Fluthintervall, sodann auch bei der gewöhnlichen Kammerschleuse angewandt wird, um die Länge der Kammer den grösseren oder kleineren Schiffen besser anzupassen. Hierfür bestehen jedoch keine besonderen Benennungen.

Von den aus constructiven Rücksichten entstandenen Formen sind besonders noch zu nennen:

11. Die Koppel- oder Kuppel-Schleuse, siehe Fig. 3, S. 410. Cap. VIII, welche nach einer Richtung hin ein grösseres Gefälle überwinden soll, als mit einer einfachen Kammerschleuse möglich ist, wobei also zwei oder mehrere Kammerschleusen so hintereinandergelegt sind, dass das Unterthor der oberen zugleich Oberthor der unteren Schleusen ist, wesshalb sie auf n Kammern $n+1$ Thore haben muss.

12. Die Schiebeschleuse siehe Fig. 10 und 11, Taf. LII.

13. Die Klappschleuse siehe Fig. 12 bis 16, Taf. LII.

14. Die Pontonschleuse siehe Fig. 7 und 8, Taf. LXIV.

15. Die Schleuse mit beweglichen Kammern. Ueber die Einrichtung der letztgenannten Schleuse vergl. § 6 und 16.

An zwei verschiedenen Beispielen möge sodann die Bezeichnung der einzelnen Theile wiederholt und die Bedeutung derselben etwas näher besprochen werden. Indem als Beispiele hierzu die in Fig. 1 bis 10, Taf. XLIX und Fig. 1 bis 8, Taf. L

dargestellten Schleusen dienen, muss jedoch bevorwortet werden, dass in besonderen Fällen noch einige aussergewöhnliche, in diesen Beispielen nicht vorhandene Theile vorkommen können.

Fig. 1 u. 2, Taf. XLIX stellt das Aussenhaupt der in Fig. 6 derselben Tafel in ihrer ganzen Situation gezeichneten Schleuse des Papenburger Hafens[1]) dar. Die Schleuse ist eine Kammerschleuse, um jederzeit bei höherem Aussenwasser Schiffe einfahren zu lassen. Sie ist zugleich Schutzschleuse, um das hohe Aussenwasser von dem niedrigen Binnenlande und dem entsprechend normirten Binnenwasser (siehe Fig. 7) abzuhalten. Endlich kann sie auch als Dockschleuse gelten, weil sie mit dem Ebbethore das normale Binnenwasser verhindert bei der Ebbe in die Ems zu laufen. Die Schiffe können bei höherem Binnenwasser also nicht hinaus kommen. Die Schleuse besteht nach Fig. 6 demnach aus einem Aussenhaupt mit einem Fluththore, aus einem Binnenhaupt mit einem Fluththore und einem Ebbethore und aus der zwischen beiden Häuptern liegenden Kammer. Da die Schiffe vor dem Einschleusen nicht im Fahrwasser der Ems liegen bleiben und nach dem Ausschleusen dasselbe nicht sogleich erreichen können, so musste ein kleiner Vorhafen zwischen Aussenfahrwasser und Schleuse hinzugefügt werden (vergl. Cap. XVII, § 5 und 6), in welchem einige Schiffe zur Vorbereitung für die Fahrt auf dem Canal oder auf dem Flusse Platz finden. Von Aussen her gerechnet besteht nun das in Fig. 2 dargestellte Aussenhaupt dieser Schleuse zunächst aus der anfangs zwischen zwei schrägen Flügeln liegenden Vorschleuse, welche sich bis an die Thorkammer erstreckt. Die Vorschleuse vermittelt hier den Uebergang aus der engen eigentlichen Schleuse in den weiten Vorhafen, sie dient ferner dazu die Deichböschung angemessen zu begrenzen und endlich auch um Platz für doppelte Dammfalze zu geben. Bei reinen Canalschleusen ist der letztere Zweck oft der einzige einer Vorschleuse, und fällt dann der von schrägen Flügeln eingefasste Raum fort (siehe Fig. 2 und 4, Taf. L). Die Thorkammer dient in allen Fällen lediglich zur Aufnahme der geöffneten Thorflügel in den Thornischen. Vorschleuse und Thorkammer haben ihren Vorschleusen- und Thorkammer-Boden. Nach der Thorkammer folgt jedesmal der Drempel im Boden mit den Thorsäulen in den beiderseitigen Wänden daneben. Nach vorn oder in diesem Falle nach Aussen sind diese beiden Theile scharf begrenzt durch den meist dreieckförmigen, nur bei grossen Seeschleusen bogenförmigen Drempelanschlag d. h. einen senkrechten Vorsprung im Boden, gegen den die Thorflügel mit ihrer horizontalen Unterkante schlagen und bezw. durch die Wendenischen, oder den horizontalen, aber meist gekrümmten Vorsprung der Mauern oder Seitenwände, gegen den die Thorflügel mit ihrer senkrechten Hinterkante (der Wendesäule) sich lehnen und stemmen. Drempelanschlag und Wendenische bilden bei allen Schleusen die wichtigsten der festen Theile und geben mit den Thorflügeln zusammen erst das eigentliche vollständige Thor. Materiell sind nun der Drempel, sowie die die Wendenischen enthaltenden Thorsäulen nach Innen hin oft nicht bestimmt begrenzt. Denn der Drempel geht zuweilen unmerklich in den Kammerboden oder in einen anderen Bodentheil über, während die Thorsäule hinter der Wendenische ebenfalls in die Mauer der Kammer sich verwandelt. So hört streng genommen der Drempel in Fig. 2 hinter dem aus Fig. 7 erkennbaren Absatz im Boden auf und es

[1]) Die wasserbaulichen Anlagen in Papenburg von L. Franzius, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1866.

liegt zwischen diesem und der eigentlichen Kammer noch ein Hinterboden oder eine Art Vorschleusenboden. Erst nach diesem folgt nach einem nochmaligen Absatz der wirkliche Kammerboden. Das nicht speciell gezeichnete Binnenhaupt zeigt nach Fig. 6, 8 und 9 zwei schmale Vorschleusen, zwei Thorkammern und einen für die beiderseitigen Thore verbundenen Drempel.

In diesem Falle ist ferner das Aussenhaupt zugleich gewissermassen das Oberhaupt, weil nur dann durchgeschleust wird, wenn das Aussenwasser höher als das Binnenwasser steht. Es liegt daher auch der äussere Drempel höher als der doppelte innere, indem letzterer lediglich nach dem Normal-Binnenwasser, der äussere dagegen nach der Fluth der Ems bestimmt wurde.

Gelegentlich der Construction wird von dieser Schleuse weiter die Rede sein.

Die in Fig. 1 bis 8, Taf. L dargestellte Schleuse der von Arnaville bis Metz canalisirten Mosel[2]) hat fast genau die umgekehrte Anordnung. Es liegt das in der Fig. 2 dargestellte Unterhaupt mit einem Fluththore nach Aussen hin, wenn der Canal als das Binnenwasser und die Mosel als Aussenwasser angesehen wird. Oberhalb oder innerhalb des Fluththores liegt zunächst das untere Thor der Kammerschleuse, deren Thorkammerboden und der Kammerboden haben gleiche Höhe, die sich bis zum Abfallboden des in Fig. 4 und 1 dargestellten Oberhauptes erstreckt. Dann folgt der Oberdrempel, der Thorkammerboden und nach einem nochmaligen Abfallboden oder senkrechten Absatz der Vorschleusenboden.

Die ganze Schleuse ist nun zunächst eine einfache Kammerschleuse zum jederzeitigen Durchschleusen, so lange nicht das Unterwasser das Fluththor des Unterhauptes schliesst. Würde dies Fluththor fehlen, so würde das höhere Unterwasser die Thore der Schleusenkammer öffnen und in den 2^{Km} langen, oben durch eine einfache Kammerschleuse geschlossenen Canal treten. Dies musste wegen der niedrigen Umgebung des Canals hier vermieden werden, findet jedoch bei vielen anderen Canälen statt, wo es denselben oder den davon abhängigen Grundstücken nicht schadet.

§ 3. Anwendung und Lage der verschiedenen Arten. Anwendung und Lage der verschiedenen Arten sind in der Regel so von einander abhängig, dass ihre Besprechung gleichzeitig erfolgen muss. Zur Vereinfachung seien dabei jedoch diejenigen Rücksichten auf die Lage gleich ausgeschieden, welche rein baulicher Art sind und nicht aus den Wasserverhältnissen oder dem Betriebe der Schiffahrt hervorgehen. Es gehören dazu die Beschaffenheit des Bodens, namentlich des Untergrundes, die günstige Lage des Bauplatzes für Materialzufuhr, für Abdammung, für etwaiges Ausschöpfen der Baugrube u. s. w. Alle diese Rücksichten werden erst bei Besprechung der Construction nach ihrer Bedeutung näher beurtheilt werden können; sie stehen aber, wenn sie nicht ausnahmsweise eine besondere Grösse besitzen, übrigens stets in zweiter Linie gegen die Rücksichten auf den sicheren und bequemen Betrieb der Schiffahrt. Aus sonstigen localen Umständen hervorgehende Gründe für die Wahl des einen oder anderen Platzes können nicht allgemein betrachtet werden, sondern mögen gelegentlich einiger Beispiele Erwähnung finden.

Für die reinen Canalschleusen ist schon im Cap. VIII, § 5 und 8 das Wesentlichste für die Lage angegeben. Es kommt dabei hauptsächlich auf eine vortheilhafte Eintheilung der einzelnen Haltungen an, um sowohl mit den geringsten Baukosten für den ganzen Canal auszukommen, als auch um die sämmtlichen Haltungen,

[2]) Siehe Canalisation der Mosel u. s. w. von Schlichting. Zeitschr. für Bauw. 1874.

namentlich auch die oberen möglichst leicht und sicher speisen zu können. Es ist dabei selbstverständlich, dass sich Gefälle und Entfernung der einzelnen Schleusen gegenseitig bedingen, so dass im Allgemeinen in oberen Strecken mehr einzelne Schleusen mit kleinerem Gefälle als in unteren Strecken bei gleichem Totalgefälle und gleicher Länge nothwendig werden. Ferner ist der Einfluss sehr nahe gelegener und der gekuppelten Schleusen auf den Wasserverbrauch dort (§ 6) besprochen und als ungünstig bezeichnet. Im Uebrigen kommen vorzüglich nur die an den Mündungen der Canäle anzulegenden Schleusen in Betracht und mag von den im Cap. VIII, § 8, Seite 419 dieserhalb erwähnten Regeln die letzte nochmals etwas näher besprochen werden.

Es soll danach die zunächst dem Flusse liegende Canalschleuse allerdings soweit vom Flusse entfernt sein, dass einige Schiffe wie in einem Vorhafen Platz finden können, indessen übrigens so nahe als möglich an demselben liegen. Wo aber für einfache Kammerschleusen das Hineintreten des hohen Flusswassers in die untere Haltung oder gar in die folgenden durch Aufschlagen der alsdann von unten her gedrückten Thore zu befürchten sein sollte, wird man gewiss fast stets vorziehen, die unterste oder dem Flusse nächste Schleuse auch mit einem Fluththore oder vielleicht mit einem Paar derselben zu versehen, und so die Schleuse entweder als Schutzschleuse oder als nach beiden Richtungen kehrende Kammerschleuse einzurichten. Das erstere ist z. B. bei der bereits erwähnten Schleuse unweit Metz in der canalisirten Mosel geschehen. Eine solche Einrichtung kann alsdann überflüssig werden, wenn der Canal in der Nähe des Flusses so hoch liegt, dass die letzte Schleuse als Kuppelschleuse mit einem solchen Totalgefälle angeordnet werden kann, dass selbst das höchste Flusswasser nicht in den Canal eintritt.

Eine Querströmung über den ausserhalb der letzten Schleuse liegenden Canal oder Vorhafen durch Hochwasser muss mindestens durch einen, besser aber durch zwei Seitendämme vermieden werden. Der einfache Damm liegt am besten an der flussaufwärts gekehrten Seite neben dem Canale, weil selbst bei schräg flussabwärts gerichtetem Canale eine wirkliche Durchströmung immer nachtheilig und lästig sein würde. In Fluthgegenden wird stets zu beiden Seiten ein Damm nöthig sein, wie z. B. bei der im vorigen Paragraph erwähnten Papenburger Schleuse mit Hülfe einer Deichkrümmung geschehen ist.

Als fast selbstverständlich erscheint es endlich wohl, dass die Mündung des Canales oder der Vorhafen der Schleuse fast stets von dieser aus gerechnet flussabwärts gerichtet sein und in einer Flusstrecke von sicherer Fahrtiefe, also am besten an der concaven Seite einer Krümmung liegen muss. So ist bei der in Cap. XV, § 18 dargestellten Schleuse des Canals von St. Louis die Einfahrt zur Schleuse vom Flusse aus flussaufwärts gerichtet, obwohl der ganze Canal die entgegengesetzte Richtung besitzt.

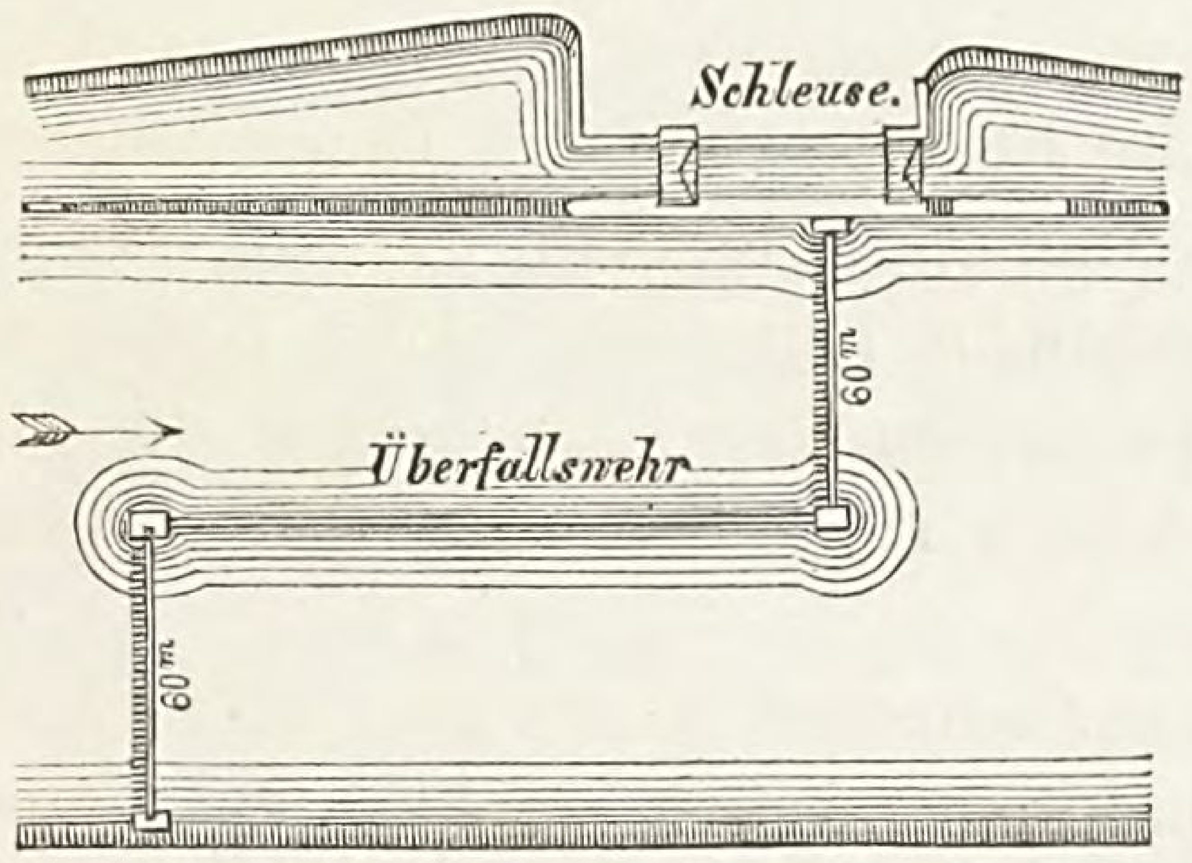
Bei den canalisirten Flüssen liegen die Schleusen mitunter in besonderen Seitencanälen wie z. B. die im vorigen Paragraph erwähnte Schleuse der Moselcanalisation. In solchen Fällen ist ihre Lage und Anordnung wie die der Canalschleusen, also unter Umständen eine solche, welche Fluththore bedingt.

Die in offenen Flusstrecken canalisirter Flüsse liegenden Schleusen werden fast stets in der Nähe des betreffenden Wehres oder gar in unmittelbarer Verbindung mit demselben liegen. Als Beispiel der ersten Anordnung diene die im Jahre 1868 neu erbaute Weser-Schleuse bei Hameln Fig. 10, Taf. L. Aehnlich wie die alte aus derselben Figur zu ersehende Schleuse liegt die neue zwischen den zwei schrägen

durch eine kleine Insel von einander getrennten Wehrhälften. Durch eine derartige günstige Situation ist die Lage der Schleuse fast unzweifelhaft vorgeschrieben. Als einziger Uebelstand in diesem Falle darf gelten, dass die Schiffe an der oberen Wehrhälfte entlang fahren müssen und, wenn stromauf nicht genügend gezogen oder stromab nicht sicher genug etwa mit Hülfe des Ankers gesteuert, in Gefahr gerathen über das Wehr gerissen zu werden. Dagegen gestattet die gewählte Lage bequeme Vorhäfen, günstige Bauausführung und Sicherheit des Bauwerks vor Eisbeschädigung.

Weniger einfach und günstig ist es, wenn die Schleusen unmittelbar neben einem Wehre gebaut werden müssen, welches auf die die Schleuse passirenden Schiffe einen Einfluss ausübt, wie dies in nebenstehender Skizze Fig. 6 einer bei Seraing in der canalisirten Maas[3]) erbauten Schleuse dargestellt ist. Es kommt alsdann in Frage, ob die Schleuse mehr oberhalb oder unterhalb des Wehres zu liegen hat. Je näher die obere Einfahrt der Schleuse dem Wehre, desto gefährlicher wird die Ein- und Ausfahrt am Oberhaupt. Je näher dagegen das Unterhaupt dem Wehrrücken, desto mehr wirkt die Wirbelung des Wassers belästigend auf die das Unterhaupt passirenden Schiffe. Es erscheint deshalb wohl am richtigsten, nahezu die Mitte der Kammerlänge neben den Wehrrücken zu legen und soweit es noch nöthig scheinen sollte, durch die in obiger Skizze angedeutete Verlängerung der Trennungsmauer beider Bauwerke die genannte Gefahr und Unbequemlichkeit zu beseitigen. Die Schleusen der oberen Seine und der Marne liegen dagegen sämmtlich mit ihrem Unterhaupt neben dem Wehre, wie Fig. 9, Taf. XXXI und Fig. 5, Taf. LII zeigt. Es hat an der Seine wohl zum Theil die Construction der flusseitigen Kammerwände (s. § 12), welche nur an einem der Häupter den Anschluss des Wehres gestatten, und ausserdem der Umstand dazu beigetragen, dass das Wehr aus zwei Theilen, dem Ueberfall- und dem Grundwehr, besteht, von welchen der letztere Theil für gewöhnlich geschlossen ist, bei höherem Wasserstande jedoch auch als Schiffsdurchlass dient. Dieser Theil, welcher stets zunächst neben der Schleuse liegt, ist daher ohne störenden Einfluss für die die Schleuse in gewöhnlichen Zeiten passirenden Schiffe.

Fig. 6.



Die Schleusen im offenen Flusse sind dabei den Beschädigungen durch heftigen Eisgang ausgesetzt, sobald das Oberhaupt unmittelbar in dem Fahrwasser liegt. Es ist schon aus diesem Grunde eine wenn auch leichte Trennungsmauer zweckmässig, zumal da die Schleuse, bei etwa ungleicher Tiefe des Flussbettes nach der Quere und bei ungewisser Fahrtiefe, an der tieferen und daher die stärkere Geschwindigkeit zeigenden Seite liegen muss. Es darf daran erinnert werden, dass die bei Erbauung des Wehres und der Schleuse oberhalb derselben vorhanden gewesene Tiefe schon nach kurzer Zeit in Folge der Ablagerung von Sinkstoffen erheblich abnehmen kann. Unbedingt geschieht dies, wenn die Wehranlage lediglich eine feste ist. Wo das Wehr aus einem festen und aus einem beweglichen Theile besteht, wird deshalb auch die Schleuse neben dem mit der festen Sohle tiefer liegenden und daher die tiefere Stromrinne anziehenden beweglichen Wehrtheile liegen müssen.

[3]) Siehe Deutsche Bauz. 1869. S. 532.

Alle Flussschleusen aber, mit Ausnahme der freilich höchst selten vorkommenden Schleusen im Ebbe- und Fluthgebiet der Flüsse, haben stets nur nach einer Richtung hin das Wasser zu kehren, bedürfen also nur nach einer Richtung hin schlagende Thore. Da der Wasserunterschied bei ihnen zwar verschieden und bei Hochwasserständen am kleinsten, aber trotzdem dauernd ist, so müssen die Schleusen stets zwei Thore und eine zwischenliegende Kammer haben. Weil das bei dem Durchschleusen verloren gehende Wasser bei einem Flusse gewöhnlich ohne Belang ist, so können meist ohne Nachtheil in dieser Beziehung und zum Vortheil eines frequenten Schiffsverkehrs die Schleusen eine zweischiffige Kammer haben, wenn nicht mit Rücksicht auf die verschiedene Grösse der Schiffe und die noch raschere Beförderung zwei Schleusen von verschiedenen Dimensionen nebeneinander vorgezogen werden.

Es dürfte kaum zu bezweifeln sein, dass mit Rücksicht auf den Tauereibetrieb künftig vorzugsweise die Flussschleusen eine solche Anordnung erhalten werden, welche das Durchschleusen einer grösseren Zahl hintereinander liegender Schiffe gestattet.

Die mannigfaltigsten Variationen in der Anordnung und Lage zeigen die für die Seeschiffahrt dienenden Schleusen, wie bereits im § 1 erwähnt wurde. Es lassen sich nachfolgende Hauptfälle dabei unterscheiden.

Wenn nur zeitweilig höheres Aussenwasser abzuhalten ist, dieses aber mit Sicherheit wenigstens täglich einmal tiefer abfällt als das Binnenwasser, so kann bei nicht frequenter Schiffahrt und wenn der Binnenwasserstand nur wenig über dem äusseren Niedrigwasser liegt, eine einfache S c h u t z s c h l e u s e genügen. Ist dabei das Aussenwasser zeitweilig ein sehr hohes, so mag aus constructiven Gründen statt eines Thores die Wahl von zwei hintereinander liegenden zweckmässig sein. Die Anwendung einer einfachen Schutzschleuse würde aber in den meisten Fällen mit vielen Nachtheilen behaftet sein und ist desshalb keine gebräuchliche. Es pflegen vielmehr Ebbethore hinzugefügt zu werden, weil es fast stets erwünscht sein wird, dass das Binnenwasser nicht unter ein gewisses Maass hinabsinke, namentlich keine grosse Schwankungen durchmache, (vergl. Fig. 22, Taf. XLI). Es leiden nämlich durch letztere fast sämmtliche Ufer, wenn auch nur durch den wechselnden Erddruck und Gegendruck des Wassers; die Sohle des Binnenwassers muss für die Schiffahrt eine tiefere sein, als bei Innehaltung eines höheren Normalstandes und ausserdem würde unter Umständen eine lästige Strömung eintreten können, besonders dann wenn das Binnenwasser zugleich zur Entwässerung dient.

Der umgekehrte Fall, dass nur das Binnenwasser zeitweilig zurückgehalten werden soll, also eine einfache D o c k s c h l e u s e genügt, ist weit häufiger. Er tritt namentlich dort ein, wo der Fluthwechsel ein hoher und regelmässiger ist, wo das Binnenwasser (des Dockhafens) nahezu in der Höhe der gewöhnlichen Fluth gehalten werden kann und wo ohne Schaden die höheren Fluthen in das Binnenwasser eintreten können. Da die Ufer desselben sehr oft z. B. in Folge von Gleisanlagen eine hierzu genügende Höhe erhalten müssen, so erscheint alsdann die Anbringung von Fluththoren oder die Anordnung der Schleuse als Schutzschleuse nicht nothwendig. Wo der Fluthwechsel besonders hoch, wie z. B. bei den meisten Flussmündungen und Häfen Englands, legt man wohl vor dem eigentlichen Dock, welches nur mit einfacher Dockschleuse bis zur Zeit des Hochwassers geschlossen ist, noch ein sogenanntes H a l b t i d e d o c k an, in welchem mit Hülfe einer gleichen Dockschleuse ein Wasserstand von etwa halber Fluthhöhe gehalten wird. Für die Schleusen ist diese Anordnung insofern von Bedeutung, als jede derselben nur etwa

den halben Wasserdruck des ganzen an einzelnen Orten bis über 10^m steigenden Fluthwechsels zu ertragen haben. Die Bedeutung für die Häfen ist im Cap. XVII, § 6 näher angegeben.

So sind z. B. die meisten Docks in Liverpool, ebenso die Docks von Havre mit solchen davorliegenden Halbtidebassins versehen wie die Taf. LVII und LVIII erkennen lassen. Selbst das ebendort gezeichnete Bassin in Wilhelmshafen, welches zwischen den zwei Schleusenhäuptern liegt, vertritt faktisch zugleich die Stelle eines Halbtidedocks, obgleich ausserdem das Bassin als Kammer einer Kammerschleuse benutzt werden kann, wozu die beiden Häupter mit den erforderlichen Vorrichtungen zum Füllen und Leeren der Kammer versehen sind. Eine reine einfache Dockschleuse ist ferner z. B. auf Taf. LVIII im Hafen von Calais und in dem Dock zu Leer enthalten. Wenn bei sehr hohem Fluthwechsel auf die für die Schiffahrt sehr bequeme und vortheilhafte Einrichtung eines Halbtidedocks verzichtet wird, so kann es wenigstens nothwendig erscheinen, der Dockschleuse zwei Thore dicht hintereinander zu geben, um mit Hülfe von Schützen den Wasserdruck gleichmässig zu vertheilen. Dies ist z. B. bei einigen französischen Häfen in der Bretagne geschehen, wo der Wasserwechsel bei Springfluth reichlich 12^m beträgt (vergl. Taf. XLIV).

Da indessen in vielen Fällen auch von Dockhäfen ein zu hoher Aussenwasserstand wegen niedriger Hafenufer abgehalten werden muss, und, wie bereits bei den Schutzschleusen gesagt wurde, meistens auch bei diesen das Zurückhalten eines gewissen Binnenwasserstandes erwünscht sein wird, so ist eine Verbindung von Schutz- und Dockschleuse besonders häufig. Es wird allerdings durch das Hinzutreten des Schutzschleusenthores zu der Dockschleuse bei hohen Aussenwasserständen die Zeit für das Ein- und Auslaufen der Schiffe verringert. Die Schliessung des Aussen- oder Schutzthores findet indessen meistens nur dann statt, wenn eine wirkliche Sturmfluth im Anzuge ist, welches von den Hafenbeamten genügend sicher zu erkennen ist, sobald die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers zu einer ungewöhnlich frühen Zeit unter entsprechenden Sturmerscheinungen wahrgenommen wird. Dagegen werden mässige Hochfluthen, die den gewöhnlichen Dockstand nur um ein geringes Maass überschreiten, ungehindert ein- und bei der nächsten Ebbe wieder ausgelassen. Diese Anordnung von Schutz- und Dockschleuse zeigen z. B. die Schleusen in den beiden neuen Bassins in Bremerhafen, das Binnenhaupt zu Wilhelmshafen, sowie verschiedene Docks in Liverpool, vergl. Taf. LVII.

Die Kammerschleuse ist dagegen für Seehäfen mit starkem Fluthwechsel seltener als die vorgenannten Dockschleusen. Es hat dies darin seinen Grund, dass die grösseren Schiffe dort meistens nur zur Zeit des Hochwassers ein- oder auslaufen können, weil das Aussenfahrwasser gewöhnlich nur alsdann mit Sicherheit fahrbar ist. Die viel kostspieligere Kammerschleuse würde daher nur den kleineren Schiffen zu Gute kommen, wenn nicht das Aussenfahrwasser auch bei niedrigeren Ständen für grosse Schiffe tief genug sein sollte.

Eine Kammerschleuse ist desshalb grade bei geringerem Fluthwechsel eher von Nutzen, weil die Schiffahrt dabei weniger von dem Stadium der Ebbe und Fluth abhängt, und die Schiffe durch die jederzeit mögliche Durchschleusung oft sehr an Zeit und günstiger Gelegenheit gewinnen können. Eine Kammerschleuse wird geradezu nothwendig, wenn das Binnenwasser wesentlich tiefer steht als die gewöhnliche Fluth aussen, weil ein einfaches Haupt nur dann offen stehen würde, sobald das Aussenwasser nahezu die Höhe des Binnenwassers erreicht hätte. Alsdann würde aber das

Ausfahren den grösseren Schiffen wenig nützen können, weil sie erst zur Zeit des nächsten Hochwassers die nöthige Fahrwassertiefe finden würden.

So ist z. B. die Schleuse in Papenburg von dem Verfasser aus diesem Grunde als Kammerschleuse projectirt, obgleich die ältere Schleuse (siehe Taf. XLIX) nur eine Schutzschleuse mit einem Ebbethore zum Zurückhalten eines normalen Binnenstandes im Canale war, und bereits ein anderes Project für die neue Schleuse in gleicher Anordnung, jedoch mit grösseren Dimensionen vorlag.

Die in Fig. 22, Taf. LI im Grundriss dargestellte Schleuse zu den Victoria-Docks in London, sowie die aus Taf. LVII und LIX ersichtlichen Schleusen zu dem Albert-Dock zu Hull und zu dem Tyne-Dock und Northumberland-Dock zu Shields an der Tyne sind dagegen reine Kammerschleusen für Dockhäfen, vorzüglich wohl aus dem Grunde, weil die unteren Strecken der Themse, des Humber und der Tyne eine solche Tiefe besitzen, dass auch grössere Schiffe ausser der Zeit des Hochwassers dort verkehren können.

Die auf Taf. LI, Fig. 4, 5 und 6 dargestellte neue Schleuse in Bordeaux zeigt ebenfalls die Anwendung einer reinen, dabei nur nach binnen kehrenden Kammerschleuse. Während früher die Schiffe nur an den mit Kaimauern eingefassten, aber bei starkem Verkehr nicht ausreichenden Ufern der Garonne zum Be- und Entladen anlegten, wurde seit etwa 10 Jahren in Folge der gesteigerten Bedürfnisse der Schifffahrt ein Dockbassin mit Schleuse für unbedingt nothwendig erkannt (vergl. Cap. XVII, § 6). Die seit 1869 in Ausführung begriffenen Anlagen bestehen in einem einzigen vorläufig etwa 10^{Ha} grossen Bassin, zu welchem zwei nebeneinander liegende Kammerschleusen führen. Da das Bassin einen Wasserstand von $0^m,6$ unter Hochwasser bei Springfluth oder $0^m,58$ über Hochwasser bei tauber Fluth, und endlich $1^m,95$ unter höchstbekannter Fluth halten soll und die gewöhnliche Fluthdifferenz etwa 3^m, die grösste aber etwa $6^m,5$ beträgt, das Fahrwasser der Garonne indess noch bei den kleinsten Fluthen 6^m tief gehenden Schiffen die Fahrt gestattet, so erschien es nothwendig und ausreichend, die Schleuse als Kammerschleuse zu gestalten, aber nur mit Ebbethoren zu versehen, und die höheren Fluthen ungehindert in das Bassin eintreten zu lassen. Die Schleuse ist ohne eigentlichen Vorhafen mit nur 28^m Rücksprung hinter dem alten Flussufer angelegt, wobei jedoch wegen der Strömung des Flusses die Einfahrt mit hölzernen Leitwerken versehen ist.

Aus demselben Grunde, wesshalb eine Dockschleuse oft mit einer Schutzschleuse verbunden wird, erhält eine nach binnen kehrende Kammerschleuse noch ein Fluththor und wird dadurch zugleich Schutzschleuse gegen höhere Fluthen. So z. B. die grosse auf Taf. LI zum Theil und auf Taf. LVII im Grundrisse und in der Situation dargestellte Schleuse zu Geestemünde. Dieselbe hält in dem Hafenbassin oder Dock nahezu die Höhe der gewöhnlichen Fluth, sie gestattet dabei als Kammerschleuse bei niedrigerem Aussenwasser jederzeit die Durchschleusung, obgleich vorzüglich nur zu Gunsten kleiner Schiffe; das bei höheren Fluthen zu schliessende Fluththor hält aber die um 4^m über gewöhnliche Fluth steigenden Sturmfluthen von dem Bassin ab, dessen Ufer nur die Höhe von $2^m,2$ über gewöhnlicher Fluth haben.

Die vollkommenste aber auch kostspieligste Anordnung endlich ist die einer Kammerschleuse, in deren beiden Häuptern zwei nach jeder Richtung kehrende Thore liegen. Dieses wird nützlich oder nothwendig, wenn bald auf der einen und bald auf der anderen Seite das Wasser höher steht und trotzdem fast jederzeit die Schiffe fahren können und sollen. Dies wird vorzugsweise nur bei geringem Fluthwechsel

der Fall sein und besonders dann, wenn auch der Binnenwasserstand Schwankungen ausgesetzt ist. So haben z. B. die auf Taf. LI dargestellten Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Canals doppelte Thore nach beiden Richtungen. Denn der gewöhnliche Fluthwechsel beträgt an der Nordsee-Mündung desselben nur 1^m,4, so dass bei etwas unregelmässigem Verlauf der Fluth das Binnenwasser bald höher, bald niedriger als das Aussenwasser stehen kann.

Aehnlich sind auch die auf Taf. LI, Fig. 7 bis 10 und 22 dargestellten Schleusen des Harburger Hafens mit doppelten Fluth- und Ebbethoren eingerichtet. Die Elbe hat bei Harburg 1^m,17 gewöhnliches Fluthintervall, steigt aber bei den höchsten Sturmfluthen auf etwa 4^m,2 über ordinäre Fluth. Der höchste Wasserstand im Hafen darf wegen der niedrigen Lage der Stadt und der Kaimauern von + 2^m,6 etwa nur 2^m über ordinärer Fluth betragen; aus anderen Gründen, z. B. dem Vorhandensein einer Wassermühle, deren Unterwasser mit dem Hafen in Verbindung steht, wird der Wasserstand im Hafen gewöhnlich auf etwa 1^m unter ordinärer Fluth gehalten, wobei die Sohle des Hafens auf etwa 3,5 unter jenem Spiegel liegt, jedoch leicht vertieft werden kann. Da nun ein niedriger Hafenwasserstand im Vergleich zur äussern gewöhnlichen Fluthhöhe gehalten wird, so erscheinen die doppelten Ebbethore zur Zeit nicht recht motivirt, weil das Ausschleusen grösserer Schiffe bei niedrigem Aussenwasser keinen Werth hat. Anders wird jedoch die Sache, wenn nach Eingang jener störenden Mühle es freisteht, im Hafen einen höheren Stand zu halten.

Das letzte Beispiel einer nach beiden Richtungen kehrenden Kammerschleuse ist die auf Taf. LIX, Fig. 3 enthaltene Schleusenanlage, welche die neuen Binnen- oder Dockhäfen Vlissingens mit dem Vorhafen verbindet (vergl. Cap. XVII, § 7). Es sind dabei 2 Kammerschleusen neben einander gebaut von sehr verschiedener Grösse, aber beide mit zwei Fluth- und Ebbethoren. Indem nämlich für gewöhnlich die Fluthdifferenz 3^m,6 beträgt und der Hafen einen fast die gewöhnliche Fluthhöhe erreichenden Stand besitzt, die Springfluth etwa um 0^m,7, die höchsten Sturmfluthen aber um etwa 3^m über die gewöhnliche Fluth hinausgehen, so musste um die für die inneren Anlagen zu hohen Fluthen abzuhalten, dabei einen genügend hohen Dockstand zu erhalten und doch bei höheren oder niedrigeren Aussenwasserständen ausschleusen zu können, die Anordnung von nach beiden Richtungen kehrenden Kammerschleusen gewählt werden.

§ 4. Dimensionen. Weite, Tiefe, Kammerlänge und Höhe. Es sind hierunter nur diejenigen Dimensionen verstanden, welche auf den Schiffahrtsbetrieb von Einfluss sind oder richtiger von demselben abhängen sollten. Wie nämlich eine einzige Schleuse durch zu geringe Dimensionen der Weite, Länge oder Tiefe es verhindern kann, dass Schiffe, welche sonst mit Nutzen einen Fluss oder Canal befahren oder einen Hafen besuchen könnten, ihrer Grösse wegen davon ausgeschlossen werden müssen, so wird es im höchsten Grade nothwendig sein, die Dimensionen jeder neuen Schleuse, oder gar einer zu einem System gehörenden Reihe von Schleusen dem Bedürfnisse der Schiffahrt entsprechend zu bestimmen. Weil aber andererseits mit der Vergrösserung jeder einzelnen Dimension die Kosten der betreffenden Constructionstheile schon in mehr als einfachem Verhältnisse wachsen, die drei Hauptdimensionen sich aber meistens gegenseitig bedingen, so wird man auch sich scheuen, darin zu weit zu gehen. Dazu kommt, dass die zu grossen Dimensionen bei Canälen wegen des unnützen Wasserverlustes und bei Seeschleusen wegen der schwierigeren Handhabung geradezu nachtheilig sind.

Es muss also für jedes Gewässer, Canal, Fluss oder maritimes Fahrwasser die Grösse der Schleusen eine gerade angemessene sein. Es darf dabei, wenn eine Verbesserung der Tiefenverhältnisse eines natürlichen Gewässers in näherer Zeit erwartet werden kann, eine entsprechende Vergrösserung der Dimensionen über das zur Zeit vorliegende Bedürfniss hinaus nicht unterlassen werden, wenn man nicht etwa gerade jenes Umstandes wegen vorläufig in Holz oder sonstiger provisorischer Weise baut, oder wenn eine spätere Vermehrung der Zahl der Schleusen von vorn herein als nothwendig erscheint. Dies ist z. B. bei mancher neuen Hafenanlage der Fall, für welche sowohl eine stetige Zunahme des Verkehrs bis zu gewissen Grenzen als auch eine Verbesserung des Fahrwassers erwartet werden darf. In solchem Falle erscheint es oft zweckmässig, die erste Schleusenanlage nur nach dem zeitweiligen Bedürfnisse einzurichten und die Anlage einer grösseren Schleuse der Zukunft vorzubehalten. Es kommt dabei der allgemeine Gesichtspunkt noch zur Geltung, dass für manche Verhältnisse es am vortheilhaftesten ist, Schleusen von verschiedener Grösse nebeneinander zu besitzen und für die entsprechenden Schiffe zu benutzen.

Um nun für die drei aus der Art der schiffbaren Gewässer sich ergebenden Hauptkategorien von Schleusen, Canalschleusen, Flussschleusen und Seeschleusen, eine allgemeinere Grundlage für die Bestimmung der drei Hauptdimensionen, Weite, Tiefe und Länge zu gewinnen, ist es zunächst nöthig, den für die verschiedenen Schiffsgattungen nothwendigen S p i e l r a u m bei der Durchschleusung zu bestimmen und zwar entweder als ein positives oder besser als ein relatives Maass, welches letztere den drei Hauptdimensionen der grössten Schiffe zu entsprechen hat.

Wenn dann in dem einzelnen Falle die Maasse der zu erwartenden g r ö s s t e n S c h i f f e mit genügender Sicherheit ermittelt sind, so bedarf es nur der Addition der betreffenden Maasse, um die Dimensionen der zu erbauenden Schleuse zu erhalten.

Für alle Schiffe kann man im Allgemeinen behaupten, dass sie um so schwerer genau zu regieren, also auch mit Vermeidung von Gegenstossen durch eine Schleuse zu bringen sind, je grössere Dimensionen sie besitzen. Desshalb sollte auch der Spielraum wenigstens nach Breite und Länge der Schiffsgrösse entsprechen. Da jedoch alle Canal- und Flusschiffe wegen der im Verhältniss zu ihrem Deplacement oder ihrem Gesammtgewicht grösseren Länge und geringeren Tiefe leichter von aussen oder mit Hülfe äusserer Stützpunkte zu regieren sind, als die kürzeren und tieferen Seeschiffe, und da ferner die letzteren dem Winde eine ungleich grössere Angriffsfläche bieten und oft gerade bei heftigem Winde und bewegtem Aussenwasser noch sicher durchgeschleust werden müssen, so ergiebt sich schon hieraus die Nothwendigkeit, für Seeschleusen grössere Spielräume als für Binnenschiffahrts-Schleusen anzunehmen. Endlich kommt in Betracht ob die Schiffe nur langsam in die Schleuse hineingezogen werden, wie dies bei allen Kammerschleusen geschehen muss, oder ob sie mit einer grösseren Geschwindigkeit einfach hindurchfahren, wie dies bei vielen Dockschleusen gestattet wird und des regen Verkehrs wegen nothwendig ist. Nach allem diesem ist es also erklärlich, dass thatsächlich z. B. der Spielraum nach der Breite von 10^{cm} bis über 2^{m} auf jeder Seite variirt.

Der Spielraum nach der Tiefe hängt nicht so sehr von der Grösse der Schiffe und ihrer Lenkbarkeit ab, als davon, ob die Schiffe stets in ruhigem Zustande durchgeschleust werden oder ob sie unter Umständen noch in einer gewissen Schwankung von vorn nach hinten sich befinden können, ferner ob sich zwischen Schleusenboden und Schiff fremde Körper befinden, wie z. B. bei grossen Schleusen die Zugketten

für die Thore, oder nicht. Für Canalschleusen kann bis etwa auf die Wirkung der Oeffnungen zum Füllen und Leeren der Kammer eine völlig horizontale Lage der Schiffe angenommen werden, bei Flussschleusen ist schon ein gewisses Schwanken der Schiffe möglich, und bei den meisten Seeschleusen, welche unmittelbar an einem weiten, offenen Wasser liegen, fast unausbleiblich und um so grösser, wenn, wie bei manchen Dockschleusen die Schiffe direct und ohne erst zur Ruhe zu kommen vom offenen Wasser in den Hafen einlaufen.

Nach der Länge ist aus ähnlichen Gründen den Canalschleusen nur ein geringer Spielraum zwischen den correspondirenden Thoren zu geben. Es kann nämlich unbedenklich der freie Raum der unteren Thorkammer und event. des oberen Drempels, wenn dieser sich nicht über den Kammerboden erhebt, mit zu der nutzbaren Länge der Kammer gerechnet werden. Es kommt nur darauf an, dass die unteren Thorflügel frei aufschlagen können und dass das Schiff bei gesenktem Wasser nirgends den Boden berührt. Auch bei allen anderen Kammerschleusen gilt dasselbe, und ist nur die sichere Bewegung des Schiffes für die Grösse des Spielraums maassgebend. Für die grösseren Seeschiffe kommen nur die festen Theile des Rumpfes (vergl. Taf. XLVI) in Betracht, indem das Bugspriet sowie etwa über dem Heck (Hintertheil) hervorragende Theile der Takelage frei über der Oberkante der Thore hinwegragen.

Wie nun bei der Bestimmung der Breite hauptsächlich die feste Einfassung der Thore sowie die Seitenwände der Kammer und der Vorschleusen in Frage kommen und in der Regel die Weite im Thore selbst die kleinste ist, so ist für die Tiefe vorzüglich die Höhe des Drempels maassgebend. Es muss jedoch die Tiefe stets für den kleinsten Wasserstand gerechnet werden, bei welchem noch die Schiffahrt ganz oder eventuell nur in eingeschränktem Maasse zu gestatten ist.

Nach dem Obigen sind entsprechend der verschiedenen Grösse der Schiffe, der Geschwindigkeit, mit welcher sie in die Schleuse einfahren, sowie der etwaigen schwankenden Bewegung, die sie während des Passirens noch besitzen, die in nachstehender Tabelle angegebenen kleinsten bis grössten Spielräume zu geben:

Arten der Schleusen.	Breite		Tiefe		Länge		Bemerkung.
	von	bis	von	bis	von	bis	
Canalschleusen	0,1	0,2	0,2	0,25	0,5	1,0	Der Spielraum der Breite ist für jede Seite also doppelt, derjenige der Tiefe und Länge nur einfach zu rechnen.
Flussschleusen	0,15	0,3	0,25	0,3	1,0	1,5	
Seeschleusen mit Kammer .	0,3	1,0	0,3	0,4	1,5	2,0	
Einfache Dockschleusen . .	1,0	2,0	0,3	0,5	—	—	

Was nun endlich die positiven Maasse der Schleusen anlangt, so ist es offenbar unmöglich, dafür bestimmte und allgemein gültige Zahlen anzugeben. Es kommt eben auf die vorhandene oder zu erwartende Grösse der grössten Schiffe an. Hinsichtlich der Canalschleusen kann in dieser Hinsicht auf Cap. VI, § 6 und Cap. VIII, § 4 Bezug genommen werden. Für Flussschleusen ist noch besonders zu beachten, ob ausser den eigentlichen Lastschiffen auch noch Dampfschiffe zum Schleppen oder Personentransport fahren. Dies pflegt bei Canälen nur ausnahmsweise vorzukommen, bei Flüssen jedoch die Regel zu sein. So musste, z. B. für die neue Schleuse zu Hameln mit Rücksicht auf die Raddampfer, welche die Weser befahren, die Weite der Schleuse zu 11^{m} genommen werden, während die grössten Lastschiffe der Weser nur $7^{m},53$ Breite besitzen. Die grössten Verschiedenheiten zeigen begreiflicherweise die See-

schleusen. Es giebt manche nur für kleine Küstenfahrer bestimmte Schleusen von etwa 6^m Weite, wogegen die grossen Kammerschleusen für die grössten Schiffe etwa 24^m und einzelne Dockschleusen sogar 30^m Weite haben. Die grösste Tiefe derselben übersteigt selten $7^m,5$ unter dem niedrigsten Spiegel, bei dem noch die grössten Schiffe von etwa 7^m Tiefgang einlaufen sollen, während die Länge der Kammerschleusen, hinter denen ein Dock mit fast vollem Fluthstande liegt, oft nur für mittlere Schiffe bestimmt wird und längere Schiffe gezwungen werden erst nach einer Ausspiegelung des äusseren und inneren Wassers durchzufahren. So ist z. B. der Geestemünder Schleuse nur eine nutzbare Kammerlänge von 73^m gegeben, während die grössten Dampfschiffe (abgesehen von den vereinzelten Ausnahmen z. B. des 207^m langen Great Eastern) jetzt oft 120 bis 130^m lang sind. Die grössere der beiden Nordsee-Schleusen des Amsterdamer Canals hat dagegen 120^m zwischen den correspondirenden Drempelspitzen, also nach Abzug der Dicke eines Thores reichlich 119^m. Es ist bei ihr wieder nur auf Segel- und Schraubenschiffe gerechnet und die Weite zu $17^m,27$ bestimmt, während bei der Geestemünder Schleuse mit $23^m,35$ Weite in der Höhe der ordinären Fluth auch auf grosse Raddampfer Rücksicht genommen wurde.

Die Höhe der Seitenwände muss nach dem Zweck der Schleuse und der Belegenheit bestimmt werden. Es ist jedoch die Höhe der Thore von ebenso grosser Bedeutung und bei der Anordnung derselben im § 6 näher für die einzelnen Fälle besprochen. In der Regel werden die Seitenwände wenigstens neben den Thorsäulen etwas höher ($0^m,3$ bis $0^m,5$) als die Thore gehalten, um letztere besser verankern zu können.

Im Uebrigen sei auf die in den Figurentafeln enthaltenen Beispiele verwiesen.

§ 5. Construction des Schleusenkörpers im Allgemeinen. Untergrund, Bauweise, Material, Bedeutung der Schleuse und Kostenvergleichung. Im Nachfolgenden seien die allgemeinen Bedingungen für die Wahl des Materials und der Bauweise einer Schleuse besprochen, wobei zunächst nur die festen Theile derselben, der sog. Schleusenkörper, im Gegensatze zu den beweglichen Theilen, den Thoren nebst ihrem Zubehör, in Betracht gezogen werden sollen. Im Allgemeinen kann dabei schon jetzt gesagt werden, dass die Constructionen der Schleusen seit einigen Jahrzehnten bei den verschiedenen Nationen sehr viel ähnlicher geworden sind als sie vordem waren. Es sind die durchdachten und bewährten Formen beibehalten, während die aus Vorurtheil oder Gewohnheit entstandenen Constructionen sich nahezu verloren haben.

Die heutzutage in jedem Lande noch auftretenden Verschiedenheiten haben besonders in localen Umständen ihren Grund, wobei zunächst die Beschaffenheit des Untergrundes die mit Rücksicht auf Solidität und sichere Ausführung zu befolgende Bauweise vorzüglich bestimmt, während ausserdem die Wahl des Materials von den sich nach der Oertlichkeit richtenden Kosten und zugleich von der grösseren oder geringeren Bedeutung der ganzen Schleuse oder gewisser Theile, also von dem Grade der verlangten Dauerhaftigkeit abhängt.

Diese einzelnen maassgebenden Factoren mögen nun, abgesehen von allen speciellen Fällen und Fragen, im Grossen und Ganzen näher untersucht werden.

Im Allgemeinen kann man von den Schleusen sagen, dass sie in der Regel auf ungünstigem Baugrunde erbaut werden müssen. Dieses gilt zwar am wenigsten für die Canalschleusen, von denen ein grösserer Theil und vorzüglich die der oberen Haltungen meistens auf festem Boden liegen. Bei den unteren Haltungen da-

gegen werden vielfach die Thäler kleiner Flüsse aufgesucht, und treffen dann die Schleusen schon häufiger auf lose angeschwemmten Boden. Die neben Wehren anzulegenden Schleusen finden in stark fliessenden Flüssen meistens ein aus einzelnen festen, aber leicht beweglichen Theilen bestehendes Bodenmaterial, ferner eine im offenen Wasser liegende Baustelle und verlangen daher umfangreiche Sicherungsmaassregeln gegen das Fortschwemmen der losen Bodentheile und umständliche oder eigenthümliche Hülfsmittel zur Ausführung. Die schwierigsten Fälle bieten jedoch in der Regel alle Seeschleusen, zunächst wegen ihrer grösseren Tiefe gegen das offene Wasser und sodann deshalb, weil sie meistens in tiefliegenden Marschen mit schwammigem Untergrunde erbaut werden müssen.

Die gewöhnliche Formation der Marsch ist bekanntlich etwa von ordinärer Fluth abwärts 1 bis einige Meter tief Klaiboden, dann aber mehrere (oft bis 16) Meter tief zusammengeschwemmter Moorschlamm oder gewachsener Dargboden. Es erreicht also in manchen Fällen der Boden einer etwa 8^{m} unter ordinärem Hochwasser tiefen Schleuse noch längst nicht den festen Untergrund. Das in seinem Querschnitte U-förmige Bauwerk, welches nur in seinem Boden eine Querverbindung besitzt, dabei eine Lichtweite von 20 bis 30^{m} und eine Länge von etwa 50 bis 100^{m} hat, soll nun zeitweilig und wechselnd an einzelnen Stellen einen Ueberdruck des Wassers von etwa 4 bis 8^{m} ertragen und trotzdem nicht im geringsten seine Form verändern oder undicht werden. Es ist schon hiernach ohne Weiteres klar, dass grosse Seeschleusen auf weichem Untergrunde und bei hohem Wasserdruck zu den allerschwierigsten Aufgaben der Construction und der Ausführung gehören. Es kann unter Umständen nothwendig sein, das Bauwerk wie einen schwimmenden Kasten, ähnlich dem modernen Schwimmdock, zu construiren, nur mit dem Unterschiede, dass es in allen Fällen genügendes Gewicht haben muss um nicht aufzutreiben. Die Gefahr des Auftreibens kommt, wie im § 9 näher angegeben ist, thatsächlich unter Umständen bei hölzernen Böden unfertiger Schleusen vor. Denn es handelt sich dabei oft um Wasserdrücke von über 12^{m}, wenn z. B. die Schleuse etwa 8^{m} tief unter ordinärem Hochwasser liegen und einen etwa 1^{m} dicken Boden erhalten soll, dabei aber während völliger Entleerung von innerem Wasser aussen eine 3 bis 4^{m} über den gewöhnlichen Stand sich erhebende Sturmfluth eintritt. Muss dann eine derartige Schleuse mit Hülfe von Abdammung dicht am offenen Wasser erbaut werden, so können die Schwierigkeiten der Ausführung kaum von anderen Ausführungen übertroffen werden. Denn unter derartigem Wasserdruck verwandeln die meisten festen Bodenarten, wie Sand und dessen verschiedene Mischungen, sich in halbflüssige Massen, Triebsand und Schlamm, bei denen plötzliche Katastrophen, Einrutschen der Baugrubenufer, Bersten halbfertiger Böden oder gar Brechen der Abdammung in Folge der Bewegung des Untergrundes, zu befürchten und zu bekämpfen sind. Aus diesem Grunde erscheint von vornherein für alle grossen und tiefen Seeschleusen die früher allgemein gebräuchliche Bauweise mit Abdammungen und starkem Wasserschöpfen für die Ausführung von hölzernen oder auf Holz ruhenden, steinernen Böden nur noch selten mit Vortheil anwendbar. Es werden wegen der schwierigeren Construction und Ausführung Holzböden in solchen Fällen reichlich so theuer als massive.

Es ist daher kein Wunder, dass man in neuerer Zeit für solche Schleusen sich mehr denjenigen Bauweisen zuneigt, bei welchen man ganz oder fast unabhängig wird von dem stärksten Wasserdruck und wobei die theueren und oft kaum genügend stark zu machenden Abdammungen, sowie das kostspielige und manchmal die Ge-

fahren nur vergrössernde Wasserschöpfen fortfallen oder auf ein sehr bescheidenes Maass beschränkt werden. Hierzu dienen ganz vorzüglich das Betonfundament und selbst die Senkbrunnen oder Senkpfeiler.

Von den Materialien kommen nun vorzugsweise gute Steine und hydraulischer Mörtel, Holz und Eisen in Betracht, während Buschwerk und rohe Steine nur in untergeordneter Weise Platz finden.

Aus kleinen Steinen und hydraulischem Mörtel besteht bekanntlich der Beton (s. Band I, Cap. VIII). Man kann die Verwendung grosser Betonmassen geradezu epochemachend für den Bau der Seeschleusen und der ihnen verwandten Trockendocks (Cap. XVII, § 16) ansehen. Obwohl die erwähnten Schwierigkeiten und Gefahren der tiefen Schleusen dabei sehr vermindert werden, so erfordert doch ihre Betonirung eine grosse, kaum zu übertreibende Vorsicht, um Quellen und hohle Räume unter dem Boden zu vermeiden. Es kommt nämlich für eine oft einige 1000□^{m} grosse Bodenfläche, welche wenn auch nur für kurze Zeiten einem etwa 6 bis 8^{m} Druckhöhe entsprechenden Auftriebe ausgesetzt ist, auf absolute Dichtigkeit und genügende Festigkeit gegen Zerbrechen an, wobei fast stets eine ungleich höhere Beanspruchung des Betons eintritt als z. B. bei Fundamenten von Brückenpfeilern, welche nur den einfachen senkrechten Druck des Bauwerks zu ertragen haben. Erst durch die Vervollkommnung der Betonmaschinen und der zum Absenken dienenden Apparate ist die sichere Herstellung so grosser Betonflächen ermöglicht. Der Beton tritt übrigens bald nur als Hülfsmittel, bald als selbständiger Constructionstheil auf. Siehe § 10.

Von den Steinen sind vorzüglich die gewöhnlichen Backsteine zur Herstellung grosser Massen besonders der Hintermauerung, die Klinker für etwaige Bögen und die Verblendung der schlichten Flächen, endlich die Werksteine oder Quader für alle Kanten, Vorsprünge und besondere Sicherheit erfordernden Theile zu verwenden. Bruchsteine dürfen nur ausnahmsweise, wenn sie sehr lagerhaft und gleichmässig dick sind und wenn anderes Material nur mit unverhältnissmässigen Kosten zu beschaffen ist, angewandt werden, dabei fast stets nur zur Hintermauerung. Denn es lässt sich bei ihnen trotz der sorgfältigsten Aufsicht kaum vermeiden, dass in den Stoss- und Lagerfugen hohle Räume bleiben. Bei allem Schleusenmauerwerk ist aber absolute Wasserdichtigkeit das erste und wichtigste Erforderniss, weil der häufige Wechsel der Wasserstände auch die kleinsten Fugen zu erweitern und miteinander zu verbinden sucht. Ist aber erst in grösserem Umfange ein Netz von Fugen und Hohlräumen entstanden, so ist die Haltbarkeit des Mauerwerks gegen zeitweilige hohe Wasserdrücke, gegen das Anstossen grosser Schiffe oder die nicht immer zu vermeidenden Erschütterungen bei dem Zuschlagen der Thorflügel nur noch eine sehr geringe. Es giebt Beispiele von aus Bruchsteinen gebauten Schleusen, wobei diese nach einigen Jahrzehnten total baufällig geworden sind.

Fast ebenso nothwendig als die Lagerhaftigkeit und der gute Verband aller zu den eigentlichen Mauern zu verwendenden Steine ist die Wetterbeständigkeit aller äusseren bald der Luft bald dem Wasser ausgesetzten Steine. Von Backsteinen sind deshalb unbedingt nur wirklich glasig gebrannte Klinker verwendbar, d. h. solche, die bei dem Brennen zu einer dichten und glasharten Masse geschmolzen sind. So lange weichere und poröse Stellen darin bleiben, erfüllen sie nicht die Bedingungen der völligen Wetterbeständigkeit. Man darf jedoch nicht zu weit in dem Grade des Zusammenschmelzens gehen, weil dabei die Steine theils rissig werden, theils zu sehr die regelmässige Form verlieren und keine dichte Mauerung gestatten. Bei den

norddeutschen Klinkern z. B. ist die braune Farbe deshalb in der Regel der violetblauen vorzuziehen. Da nun, wie schon erwähnt, alle vorspringenden Theile wegen des Anstossens von Schiffen und die Wendenischen zur Bildung genau gekrümmter Flächen aus Werksteinen aufgeführt werden müssen, das Werksteinmauerwerk aber bei genauer Arbeit sich im Allgemeinen weniger setzt als Backsteinmauerwerk, so muss das letztere, so weit es sich mit den Anforderungen einer genügenden Ausfüllung aller Fugen verträgt, mit möglichst engen Fugen und nicht zu rasch aufgemauert werden. Man wird sonst Risse im fertigen Mauerwerk kaum vermeiden können.

Alle Werksteine endlich müssen bei genügender Wetterbeständigkeit und Härte eine sehr sorgfältige Bearbeitung auch der Stoss- und Lagerfugen erhalten, um die an den Bruchsteinen gerügten Nachtheile nicht ebenfalls zu zeigen. Die Sorgfalt bei der Ausfüllung der Fugen kann nicht wohl übertrieben und nur mit Erfolg geübt werden, wenn die Quader mittelst guter Hebezeuge vorsichtig und leicht bequem in ein volles Mörtelbett gesetzt werden. Das trockene Versetzen und nachherige Vergiessen ist zwar weit einfacher und billiger, wird auch stets von den Unternehmern vorgezogen, giebt jedoch keine genügende Sicherheit.

Zum Mörtel eignen sich gute, langsam bindende und nicht bei dem Binden gedeihende Cemente, oder als Zusatz zum gewöhnlichen Kalk ein aus sicherer Quelle stammender, möglichst fein gemahlener Trass. Für alle bis zur Höhe des gewöhnlichen Wasserwechsels unter Wasser liegenden Theile der Schleuse ist unbedingt die beste Mischung eines langsam aber auch nicht zu langsam bindenden Mörtels zu nehmen, während für das obere Mauerwerk ein durch grösseren Sandzusatz billiger kommender Mörtel zulässig ist. Da an jedem Ort die Auswahl der verschiedenen hydraulischen Mörtel eine andere ist, und das Mischungsverhältniss von den einzelnen Bestandtheilen abhängt, so muss in dieser Beziehung eine sorgfältige Erkundigung nach den einzelnen Eigenschaften derselben und möglichst eine directe Untersuchung vieler Proben auf Zug, Druck, Schwinden oder Schwellen, der Wahl der Mörtelmaterialien und ihres Mischungsverhältnisses vorangehen.

Von Hölzern eignen sich alle Nadelhölzer, besonders Kiefernholz, zu den Rammpfählen, Spundbohlen, Belagbohlen und den gegen Wasserbewegung oder starken Druck und sonstige Angriffe geschützt liegenden Constructionstheilen am besten. Sie besitzen die grössere Elasticität und sind am besten in grossen Längen gradfaserig zu erhalten. Zu allen stark durch Druck, Stoss, Wasserbewegung u. s. w. beanspruchten, zeitweilig an der Luft liegenden Holztheilen ist unbedingt hartes Holz, in Deutschland meist nur Eichenholz zu verwenden, so z. B. zu den Drempeln, frei liegenden Gurten oder Holmen, und allen aus dem Wasser in die Luft reichenden Stücken der in Holz construirten Schleusen. Ein grosser Uebelstand ist für Deutschland, dass die inländischen Eichen von grosser Dicke und Länge so selten geworden sind, dass oft zahlreiche Bäume gefällt und geschnitten werden müssen, bis sich darunter endlich ein maasshaltendes und hinreichend fehlerfreies Stück z. B. für die Schlagschwelle oder die Mittelschwelle einer grossen Schleuse findet. Des zu grossen Werthes und bei bestimmten Dimensionen damit verbundenen Verlustes wegen, werden solche Hölzer selbst von grossen Holzhandlungen nicht vorräthig gehalten. Es ist deshalb mehrfach nothwendig geworden, so z. B. bei der Papenburger Schleuse, wo die Mittelschwellen etwa 16^{m} lang sind, ausländisches Holz z. B. canadisches Eichenholz zu verwenden.

Da die Dauer guter Hölzer, wenn sie stets unter Wasser liegen und keiner

Strömung, Angriffen des Bohrwurms oder dergl. ausgesetzt sind, als unbegrenzt gelten kann und hartes Holz bei zweckmässiger Construction auch über dem Wasser eine Dauer von 15 bis 30 Jahren erlangt, so ist die Verwendung des Holzes zum Schleusenbau durchaus nicht zu unterschätzen. Die wichtigsten Vorzüge des Holzbaues sind dabei: die Billigkeit, die kurze Zeit zur Herstellung und das geringe Gewicht bei etwaigem schlechten Untergrunde. Der Holzbau ist also in solchen Fällen besonders in Erwägung zu ziehen, wo die Ausführung massiver Schleusen sehr schwierig und kostspielig sein würde und wo es ausserdem nicht unwahrscheinlich ist, dass nach einer kurzen Reihe von Jahren in Folge gestiegener Bedeutung der ganzen Anlage eine grössere Schleuse erwünscht sein wird. Ueber die Einzelnheiten des Holzbaues siehe § 8 und 10.

Das Eisen, und zwar in seinen verschiedenen Arten als Gusseisen, Stahl und Schmiedeeisen, hat im Allgemeinen nur bei den Thoren (siehe § 15) die Bedeutung eines selbständigen Materials, während es bei dem festen Schleusenkörper nur als Hülfsmaterial zur Verbindung anderer Materialien besonders der Hölzer auftritt. Ueber die vereinzelt vorkommende Verwendung in grösserem Maasse siehe § 12. Ebendaselbst sind auch die anderen etwa ausnahmsweise zu verwendenden Materialien besprochen.

Was nun die Bedeutung der Schleusen anlangt, so wird die Verschiedenheit am deutlichsten durch zwei extreme Fälle. Wenn z. B. es sich um die Anlegung eines Moorcanals (vergl. Cap. VIII, § 2) handelt, welcher eine früher völlig unwegsame und wüste Gegend erst aufschliessen und zunächst nur dem Transport des gewonnenen Torfes dienen soll, so wird in vielen Fällen, wenn nicht durch die günstige Lage eine baldige grössere Bedeutung des Canales gewiss ist, es zweifelhaft bleiben, ob der Canal nur diesen localen landwirthschaftlichen oder auch den allgemeinen Verkehrszwecken zu dienen haben wird. Für die ersteren Zwecke reichen meistens sehr kleine Dimensionen aus, während für letztere grössere wünschenswerth sind. In solchen Fällen ist ein billiger Holzbau vortheilhaft in Dimensionen, welche den zunächst absehbaren Verhältnissen entsprechen, weil sich nach etwa 30 Jahren die wirthschaftlichen Zustände der Umgegend wahrscheinlich sehr geändert haben werden. Dazu kommt, dass im eigentlichen Hochmoor Holz sich verhältnissmässig lange hält und leicht zu transportiren ist, während vor Eröffnung eines Schiffahrtsweges das schwere Steinmaterial nur mit ganz unverhältnissmässigen Kosten auf den Platz zu bringen sein würde. Diesem Falle, wo der Holzbau anfangs entschieden den Vorzug verdient, steht derjenige gegenüber, wo es sich um die Erbauung einer grossen Seeschleuse eines schon bestehenden Hafens handelt. Hier wird die Bedeutung der Schleuse in keiner Weise zweifelhaft sein. Es wird ferner wegen der grossen Schwierigkeit des Baues und der damit verbundenen kostspieligen Nebenarbeiten überhaupt nicht zweckmässig scheinen, eine wenn auch in den Materialien billige aber nur kurze Dauer versprechende Schleuse zu erbauen. Eine Hauptreparatur oder Erneuerung würde endlich dem Handel ganz unberechenbare Nachtheile zufügen können, wenn nicht etwa eine zweite Schleuse während jener Zeit zu benutzen wäre. Es muss also im Allgemeinen, je grösser die Bedeutung der Schleuse, auch die Bauweise derselben um so dauerhafter sein.

Wenn endlich in einzelnen Fällen die vorstehenden allgemeinen Betrachtungen über die Bedeutung der Schleuse und die baulichen Umstände bei ihrer Herstellung nicht ausreichen, um die Wahl des Materials und der Bauweise zu entscheiden, so bedarf es einer Kostenvergleichung. Hierbei

sind jedoch zu unterscheiden die reinen Anlagekosten und die für die Unterhaltung und periodisch nothwendige Erneuerung aufzuwendenden Kosten. Die ersteren ergeben sich nach Aufstellung der etwa mit einander in Vergleich zu ziehenden Projecte, welche dabei nur im Grossen zu bearbeiten sind, jedoch alle wichtigen Nebenarbeiten wie Abdammung, Wasserschöpfen mit zu umfassen haben. Sehr oft genügt allein ein solcher Vergleich der ersten Anlagekosten, namentlich dann wenn die disponibelen Kosten sehr beschränkt sind und eine billige übrigens zulässige Construction einer theueren gegenübersteht. In einigen Fällen dagegen wird es jedoch nothwendig sein, auch die nach der Erbauung aufzuwendenden Reparatur- und Erneuerungskosten mit einander zu vergleichen.

Die gesammte aus der ersten Anlage und der Verpflichtung zur Unterhaltung und Erneuerung sich ergebende Baulast X ist in Geld ausgedrückt für ein bereits bestehendes Bauwerk:

$$X = \frac{\beta}{z} K + \frac{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n \left[\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1\right]},$$

worin K das Neubaukapital, z den Zinsfuss in Procenten z. B. 3, 4 oder 5 etc., β den Procentsatz der durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten von K, also $\frac{\beta}{100} K$ die jährliche Unterhaltung ausdrückt, während m und n die Zahl von Jahren bezeichnen, welche das Bauwerk von seinem Neubau bezw. vom gegenwärtigen Zeitpunkte stehen kann. Für ein neues oder zu bauendes, aber fertig gedachtes Bauwerk ist also $n = 0$ zu setzen und man kann alsdann die Gleichung schreiben:

$$X = \frac{\beta}{z} K + \frac{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1} = \frac{\beta}{z} K + K + \frac{K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1},$$

in welcher letzteren Form auf der rechten Seite das erste Glied die kapitalisirte Unterhaltungslast, das zweite Glied das einfache Neubaukapital, das dritte endlich das Kapital bedeutet, welches m Jahre verzinst wieder aufs Neue das nöthige Neubaukapital nebst dem zur Bildung desselben nach m Jahren immer wieder erforderlichen Ueberschusse ergiebt. Es kommt nun darauf an für eine Schleuse von der gegebenen Lage und Benutzung die Werthe von β und m nach Erfahrung aus anderen ähnlichen Fällen zu bestimmen. Bei dem Werthe β wird es sich um eine ordnungsmässige Instandhaltung handeln, wobei also übertriebener Luxus ebenso ausgeschlossen ist als eine nachlässige Unterhaltung. Letztere würde nicht allein für den Durchschnitt der ganzen Neubauperiode m, durch das sich am Ende nothwendig steigernde Unterhaltungsbedürfniss, den Werth β mindestens ebenso hoch halten als eine ordnungsmässige und immer rechtzeitig eintretende Unterhaltung, sondern sie würde auch daneben die Neubauperiode m zum Schaden des Verpflichteten verkürzen. Für den Körper einer massiven Schleuse kann m je nach der Güte des Materials, dem Grade der Benutzung u. s. w. zu 100 bis 200 Jahren, für den einer aus Eichenholz gebauten Schleuse dagegen zu 30 Jahren gerechnet werden. Der Procentsatz β der jährlichen Reparaturkosten ist in beiden Fällen zwischen 1 bis $1^1/_2$ und 3 bis 4 zu setzen. Für die Thore wird, je nachdem sie von Holz oder Eisen construirt sind, m zu 15 bezw. 30 und β zu 2 bezw. $^1/_2$ bis 1 zu rechnen sein. In den meisten Fällen wird man für den Boden der Schleuse eine längere Dauer als für die Seitenwände annehmen dürfen. Von merklichem Einfluss in der Rechnung ist dies jedoch höchstens bei reinen Holzschleusen, da die mte Potenz für Steinconstruction ohnehin so gross ist, dass das dritte Glied der letzten Gleichung immer sehr klein ausfällt Die Rechnung wird übrigens um so genauer, je mehr man die ungleichartigen Theile von einander getrennt behandelt.

§ 6. Construction der Thore im Allgemeinen. Arten derselben: Einflügelige und zweiflügelige Thore, Fächerthore, Klappthore, Schiebethore, Pontons u. s. w. Die eigenthümlichen Bedingungen der Verschlussvorrichtung oder der Thore einer Schiffschleuse sind die Sicherheit gegen den stärksten Wasserdruck, genügende Dichtigkeit und leichte Beweglichkeit. Dass ausserdem die allgemeinen Bedingungen jeder Construction, vortheilhafte Beanspruchung der verschiedenen Theile oder sparsame Verwendung des Materials, möglichst grosse und gleichmässige Dauer der einzelnen Theile und der ganzen Verbindung, erfüllt sein müssen, dürfte wohl als selbstverständlich gelten.

Da die Schleusenthore der kleinen und grossen Schleusen, der im Binnenlande oder an der See belegenen u. s. w. den mannigfaltigsten Verhältnissen unterworfen

sind und namentlich hinsichtlich der Beweglichkeit sehr verschiedenen Ansprüchen zu genügen haben, so ist es nicht auffallend, dass eine grosse Verschiedenheit in der allgemeinen und specielleren Anordnung besteht. Eine Dockschleuse, welche täglich höchstens zweimal geöffnet und geschlossen zu werden braucht, kann ihrem Zwecke unbeschadet einige Minuten Zeit zur völligen Bewegung ihres Thorverschlusses erfordern, während bei Canalschleusen, die nur jedesmal ein einzelnes Schiff passiren lassen, aber dies täglich etwa 40 mal zu leisten haben, die Schnelligkeit, mit der die Thore bewegt werden, kaum gross genug sein kann.

Einen nicht geringeren Einfluss auf die Anordnung und Construction übt sodann die Höhe und die Beständigkeit des Wasserdrucks. Es giebt Schleusen, die nur eine nach Centimetern zu messende Spiegeldifferenz zu halten oder eine der Schiffahrt direct kaum hinderliche Strömung abzuschneiden haben. In solchen Fällen genügt nicht allein eine sehr einfache Anordnung des Verschlusses, sondern auch die leichteste Construction. Dahingegen sind bei starkem Fluthwechsel manche Seeschleusen, sowohl Schutzschleusen als Dockschleusen, einem Wasserdruck von 6^m ausgesetzt. Von der Solidität ihrer Thore hängt in dem einen Falle die Sicherheit einer reichen Stadt oder Landschaft, in dem anderen die einer ganzen Flotte beladener Schiffe ab. Es ist alsdann neben einer genügend leichten Beweglichkeit die Solidität der Thore auf das höchste Maass zu bringen.

Ferner wird auch bei übrigens gleichem Wasserdruck und ähnlichen Ansprüchen an Beweglichkeit die Weite der Schleuse sehr maassgebend für die Anordnung der Thore sein. So kann z. B. für geringe Weiten ein einflügeliges Thor oder eine sich um eine horizontale Achse drehende Klappe sehr zweckmässig scheinen, während diese Arten bei grossen Weiten kaum anwendbar sein würden.

Endlich wird das zu wählende Material in geringem Maasse von den localen Preisen, in höherem aber von seinen constructiven Eigenschaften und seiner Dauer in dem betreffenden Wasser abhängen, was namentlich für das vom Bohrwurm heimgesuchte Seewasser von Bedeutung ist. Seit der Ausbildung der Eisenblechconstructionen muss es geradezu als ein principieller Constructionsfehler gelten, wenn man noch grosse Seehafenschleusen aus Holz herstellt. Die Schwierigkeit, mit der sich zahlreiche Hölzer zu einem den verschiedenen Angriffen widerstehenden grossen Schleusenthore zusammensetzen lassen, bedingt eines Theils eine Anhäufung von todtem Material und daneben übermässige Beanspruchung anderer Theile. Man kann unbedingt behaupten, dass je grösser das Thor, desto weniger die Holzconstruction noch geeignet bleibt, während umgekehrt bei kleinen einfach construirten Thoren das Holz wohl stets in erster Linie Beachtung verdient. Um so weniger werden grosse Holzthore dann aber angebracht sein, wenn sie auch der Gefahr vom Seewurm angegriffen zu werden unterliegen. Man kann allerdings durch kostspielige Mittel einen zwar nothdürftigen aber nicht völlig sicheren Schutz gewähren, namentlich durch den Ueberzug der ganzen Aussenfläche des Holzes mit eisernen, sehr breitköpfigen Nägeln. Vergleicht man aber die Kosten, die Dauer, das Gewicht und die Schwerfälligkeit eines grossen eisenbenagelten Holzthores und eines gleich grossen, aus dünnen Eisenblechen ohne die geringste Materialverschwendung construirten, schwimmenden und leichtbeweglichen Thores, so muss die Verwendung des Holzes in solchem Falle als fast nach allen Richtungen hin unzweckmässig erscheinen. Es kommen aber begreiflicherweise Fälle vor, wo unter Einwirkung der localen Verhältnisse als Materialpreise, Entfernung von geeigneten Eisenfabriken u. s. w. die Holz-

construction ausnahmsweise den Vorzug verdient oder wenigstens in nähere Erwägung zu ziehen ist, während an anderen Orten für gleiche constructive Verhältnisse nur das Eisen in Frage kommen dürfte.

Es ist nun allerdings als ein Mangel unserer Kenntnisse anzusehen, dass wir über die Dauer des Eisens, insbesondere des Eisenbleches, zu Schleusenthoren, noch keine ausreichende Erfahrung besitzen. Die schmiedeeisernen Thore sind verhältnissmässig noch so jung, dass kaum die ältesten von ihnen völlig abgenutzt sind. Es kann aber schon jetzt als zweifellos gelten, dass bei übrigens guter Construction, Wartung und Unterhaltung ein schmiedeeisernes Thor, dessen dünnste Bleche etwa 6^{mm} sind, mindestens 30 Jahre, wahrscheinlicher aber viel länger, vielleicht 60 Jahre hält. Es haben z. B. die stets unter salzigem Wasser liegenden Bleche der etwa 30 Jahre alten Bremerhafener Dockschleuse bei einer im Jahre 1878 vorgenommenen Untersuchung nicht die geringste Verringerung ihrer Stärke gezeigt. Jene letztere Zeitdauer ist aber im Vergleich zur Dauer des Holzes so bedeutend, dass selbst mehr als die doppelten Herstellungskosten das eiserne Thor noch vortheilhafter erscheinen lassen. Denn einem aus gutem Eichenholz construirten Holzthore kann im Durchschnitt nicht mehr als eine 15jährige Dauer zugesprochen werden, wobei die jährlichen Unterhaltungskosten im Durchschnitt etwa 2 Procent der Baukosten betragen.

Abgesehen nun von der Detailconstruction und dem Materiale lassen sich die bereits in der Ueberschrift dieses Paragraph genannten Hauptarten von Schleusenthoren unterscheiden. Es soll zunächst die zweckmässige Anwendung jeder dieser Arten kurz besprochen werden, worauf alsdann eine eingehendere Betrachtung der wichtigsten und gebräuchlichsten Arten folgen mag.

Das einflügelige, um eine verticale Achse drehbare Thor findet höchstens bei sehr kleinen Canalschleusen seinen Platz. Es ist namentlich bei älteren englischen Canälen, die sich durch kleine Dimensionen auszeichnen, mehrfach angewandt. So lange die Schleusenweite 3 bis 4^{m} und der Wasserdruck 1 bis 2^{m} nicht übersteigt, werden die Dimensionen der einzelnen Constructionstheile nicht so gross, dass ein solches Thor wegen seiner sonstigen einfacheren Anordnung nicht wesentliche Vorzüge vor einem zweiflügeligen Thore böte. Zu diesen Vorzügen sind besonders zu rechnen, dass nur einfache Befestigungstheile und Bewegungsvorrichtungen nothwendig sind, dass auch die Verbindungen etwa um die Hälfte weniger zahlreich werden und dass die Construction des Drempels wesentlich vereinfacht wird. Da ausserdem die Beanspruchung der einzelnen Stücke einfacher und bestimmter als bei zweiflügeligen Stemmthoren ist, so können dieselben auch mit grösserer Sicherheit berechnet und nach der Rechnung ausgeführt werden. Es dürfte sich bei der Grenze der angegebenen Dimensionen empfehlen, eine vergleichende Kostenberechnung des einflügeligen und zweiflügeligen Thores und der davon abhängenden sonstigen Theile vorzunehmen.

Das zweiflügelige Thor ist die bei weitem gewöhnlichste und in den meisten Fällen zweckmässigste Anordnung. Sie wird in der Zweckmässigkeit wie soeben bemerkt nur bei sehr kleinen Schleusen von der des einflügeligen Thores und nur bei sehr grossen Weiten, wenn eine sehr seltene Bewegung verlangt wird, von der eines frei schwimmenden Pontons übertroffen. In vereinzelten Fällen können die anderen eben genannten Arten in Frage kommen, doch dürfte wohl stets deren Zahl verschwindend klein gegen die der zweiflügeligen Drehthore bleiben. Dieses aus zwei gleichen, sich gegeneinander stemmenden Hälften bestehende Thor besitzt den grossen

Vortheil, dass die zu verschliessende Weite der Schleuse fast auf ihre Hälfte für jeden Thorflügel vertheilt wird. Hierdurch werden die sich fest gegeneinander stemmenden und schon dadurch in der Beanspruchung des Materials sehr vortheilhaft situirten beiden Flügel ungleich leichter in der ganzen Construction, als wenn die ganze Weite mit einem vorzugsweise auf Biegung beanspruchten Flügel verschlossen werden müsste. Dadurch ferner, dass die beiderseitigen Flügel mit Leichtigkeit und Sicherheit um eine bestimmte Achse bewegt werden, wird namentlich für grosse Weiten bei dem Oeffnen und Schliessen die Zeit auf ein Minimum reducirt und die Sicherheit bei etwa rasch nothwendigem Schlusse im höchsten Maasse befördert.

Das Fächerthor ist gewissermaassen nur eine feste Zusammenfügung zweier gewöhnlichen Thorflügel. Es könnte zwar auch einseitige Fächerthore nach Analogie der einflügeligen Thore geben, doch ist aus vielen später bei der speciellen Besprechung grossentheils von selbst sich ergebenden Gründen die Fächerschleuse stets mit zwei symmetrischen Flügelhälften versehen. Der Zweck einer solchen Anordnung ist ein ganz bestimmter, nämlich um bei beliebigem Wasserdruck und völlig dichtschliessenden Stemmthoren plötzlich die gestemmten Thorflügel sich öffnen zu lassen. Es eignet sich also das Fächerthor bei gleichzeitiger Verwendung in einer Kammerschleuse zur Spülung. Die Fächerschleuse ist ausser zu Schiffsschleusen auch als Entlastungsschleuse in Deichen angewandt, um bei einem eingetretenen Maximaldruck ein Uebermaass zu vermeiden, oder um etwa zwischen zwei verschiedenen Wasserständen jederzeit nach Belieben eine Verbindung oder Trennung herzustellen. Ausser dem zu diesen Zwecken fast nur allein noch in Gebrauch befindlichen sog. Fächerthor sind noch ähnliche Arten zu gleichen Zwecken erfunden oder nur vorgeschlagen; dieselben sollen im § 16 als Abarten der Fächerthore Erwähnung finden.

Von den sog. Klappthoren ist bis jetzt nur in vereinzelten Fällen auf amerikanischen Canälen, vorzugsweise auf dem Eriecanale Gebrauch gemacht. Ihre Anwendung beschränkt sich zweckmässigerweise auf Canalschleusen, bei denen die Weite ohnehin nur mässig und die Höhe des Wasserdrucks so gut wie constant ist. In anderen Fällen würde die Klappe nicht allein sehr schwerfällig, sondern namentlich gegenüber den Drehthoren sehr unvortheilhaft werden. Denn bei dem Drehthore ist die grössere Höhe, die dem Thore zur Abwehrung höherer als der gewöhnlichen Wasserstände gegeben werden muss, ein wirksames Mittel um die Haltbarkeit des Thores zu vergrössern und dabei der Beweglichkeit nicht nachtheilig; es wachsen nur die Kosten und zwar in nicht unverhältnissmässiger Weise. Bei dem Klappthor aber würde eine wesentlich grössere Wasserhöhe als die gewöhnliche ganz unverhältnissmässige Schwierigkeiten und Kosten hervorrufen; die Klappe würde für gewöhnliche Stände entweder aus dem Wasser hervorragen oder um dieses zu vermeiden sehr complicirter Nebentheile bedürfen. Es ist daher kaum anzunehmen, dass die Klappthore eine erhebliche Verwendung erhalten.

Das Gleiche gilt auch von den Schiebethoren. Dieselben existiren auch nur bis jetzt in einzelnen Exemplaren und haben wohl nur da ihre unverkennbaren Vorzüge, wo es sich nur um Abhaltung eines sehr geringen Wasserdrucks handelt. Denn bei hohem und veränderlichen Drucke werden die zweiflügeligen Thore die wesentlichsten oben genannten Bedingungen eines Schleusenthores ungleich besser oder leichter erfüllen.

Die Pontons endlich können für hohe Wasserdrücke am vortheilhaftesten construirt werden, sind jedoch als Verschlüsse für Schiffsschleusen noch nicht angewandt. Vergl. übrigens § 16.

Nach der vorstehenden kurzen Uebersicht über die verschiedenen Thorarten ist es hier am Platze, die allgemeineren constructiven Verhältnisse der zweiflügeligen Thore etwas näher zu erörtern, während die theoretische Untersuchung derselben im § 7 und die specielle Beschreibung der Construction in den §§ 14 und 15 erfolgt.

Ohne Zweifel würde in theoretischer Hinsicht die cylindrische Form für die zweiflügeligen Thore die vollkommenste sein, weil die aus dem Wasserdruck hervorgehenden Kräfte alsdann sämmtlich nur auf das Zusammendrücken der cylindrischen Fläche wirksam, dabei genau zu berechnen sein würden und demgemäss auch auf die vollständigste und einfachste Weise von den einzelnen Constructionstheilen aufgenommen werden könnten. Nichtsdestoweniger muss aus praktisch constructiven Gründen für fast alle hölzernen Thore von dieser Form abgesehen und die gradlinige Form in Anwendung gebracht werden. Denn es kann nicht erwartet werden für grössere Thorflügel der beabsichtigten Form entsprechende, krummgewachsene Hölzer in genügender Zahl zu erhalten. Das sogen. „Ueber den Spahn schneiden" würde aber ganz unzuverlässige Hölzer geben und das etwa in feuchtem Zustande erfolgende Krümmen der Hölzer muss für diesen Zweck als unzulässig gelten, weil die dabei eintretende Dehnung und Stauchung der Fasern die Stärke gegen Druck in der Längenrichtung zu sehr beeinträchtigen würde. Es darf die Zulässigkeit und Nothwendigkeit des Biegens der Schiffsplanken nicht entfernt auf die etwaige Biegung der hauptsächlichsten Thorhölzer übertragen werden, weil die ersteren Hölzer im Wesentlichen nur eine wasserdichte Bekleidung abgeben sollen, aber nicht annähernd in ihrer Längenrichtung so wie die letzteren beansprucht werden. Die mehrfach bei älteren hölzernen Schleusenthoren angewandte Zusammensetzung der in ihrer Längenrichtung gedrückten Hölzer aus verschiedenen einzelnen Stücken, um dadurch eine gekrümmte Form herzustellen, muss aber mit Rücksicht auf die verschiedenartigen inneren Bewegungen der Hölzer bei dem Oeffnen und Schliessen der Thore, bei ihrem Freihängen und dem Stemmen gegen den vollen Wasserdruck u. s. w. als durchaus fehlerhaft bezeichnet werden, weil sich die einmal eingetretenen kleinsten Verschiebungen mit jedesmaligem Wechsel der Lage wiederholen und vergrössern werden.

Es kann demnach für Holzthore als Regel gelten, jede künstliche Krümmung und Zusammensetzung aus einzelnen Stücken für alle wichtigeren Constructionstheile unbedingt zu vermeiden, und dagegen thunlichst nur gradlinige und gradfaserig gewachsene Hölzer mit möglichst einfachen Holzverbindungen zu verwenden. Es folgt daraus, dass für Holzthore die gradlinige Form die zweckmässigste bleibt.

Aber selbst für kleinere eiserne Thore, z. B. für Canalschleusen, wird die gradlinige Form desshalb meistens vorzuziehen sein, weil der Mehraufwand an Material durch die Vereinfachung der Arbeit in den Kosten reichlich aufgewogen wird.

Bei den grösseren eisernen Thoren dagegen wird die gekrümmte Form, wenigstens an der Aussenseite nicht nur keine Schwierigkeiten bieten, sondern auch wesentliche Vortheile in der Materialverwendung gewähren. Es sei dabei schon hier kurz erwähnt, dass die Nothwendigkeit einer über das gewöhnliche und leicht zu verarbeitende Maass der Bleche hinausgehenden Stärke dahin führt, die grossen Thore wenigstens in ihrem unteren Theile aus zwei Blechwänden zu construiren und den eingeschlossenen Luftraum als Mittel zu benutzen, die Thore im Wasser schwimmen zu lassen. Es ist ohne Weiteres klar, dass man dadurch die Befestigungsvorrichtungen vereinfacht und dass die Beweglichkeit der Thore bei gleichem Kraftaufwande erheblich vergrössert wird.

Wie die Verhältnisse der gradlinigen und gekrümmten Thore in ihrem Horizontalschnitte am zweckmässigsten zu wählen sind, möge im folgenden Paragraph erörtert werden.

Die Benennung der einzelnen Theile eines Thorflügels ist nun bei den eisernen Thoren fast gänzlich von den älteren hölzernen Thoren übernommen worden; es fehlen allerdings meistens gewisse Stücke der Holzthore den eisernen Thoren, sowie umgekehrt einzelne Verbindungstheile nur bei den letzteren vorkommen. Es wird aber zweckmässig sein schon jetzt die hauptsächlichsten und in den meisten Fällen gemeinsamen Theile zu bezeichnen.

Das wichtigste Stück ist zunächst die Wendesäule oder derjenige Theil, der die senkrechte Drehachse des Thores enthält und an dem also alle anderen Theile des Thores sich hängend oder stützend ansetzen. Sie lehnt sich gegen einen dementsprechend gebildeten Theil der Seitenmauer, die Wendenische, und ist wegen der Drehung des Thores um nahezu einen rechten Winkel auf ihrer der Mauer zugekehrten Seite halbcylindrisch abgerundet. Es mag schon hier kurz erwähnt werden, dass man diesen Rücken der Wendesäule auch wohl durch einzelne kurze Stückchen eines Halbcylinders ersetzt und den Hauptheil der Wendesäule, der das ganze übrige Thor trägt, nur als prismatischen Körper herstellt. Die Wendesäule trägt stets oben den sog. Halszapfen oder den Hals und unten den Spurzapfen oder eine abwärts gekehrte Spurpfanne, durch deren Mittelpunkte die Drehachse des Thorflügels geht. Auf die Lage dieser Achse zu der Rundung der Wendesäule wird weiter unten zurückgekommen.

Der Wendesäule gegenüber steht gleichfalls senkrecht die Schlagsäule, oder der materielle vordere Rand, mit dem die beiden geschlossenen Thorflügel sich berühren und gegeneinander stemmen. Es muss wegen dieses noch im § 7 näher betrachteten Stemmens die Berührungsfläche eine völlig ebene und genügend grosse sein, um keine wenn auch nur partielle Zerdrückung zu erleiden. Zwischen beiden Säulen liegen fest eingespannt das obere und das untere Rahmenstück, letzteres auch der Schwellrahmen, und beide bei Holzthoren die Rahmhölzer genannt. Sie liegen fast stets horizontal und bilden mit der verticalen Wendesäule und Schlagsäule ein Rechteck, innerhalb dessen sich die gleichfalls horizontalen Riegel befinden. Das auf diese Weise hergestellte Gerippe ist nach der Seite des höheren Wasserstandes stets, mitunter aber auch an der anderen Seite mit einer Bekleidung versehen.

Diese Riegel, die bei den doppelhäutigen Thoren verdeckt und in ihrer Bedeutung etwas verringert werden, haben bei den meisten übrigen Thoren die Aufgabe, vorzugsweise den durch das gegenseitige Stemmen in der Thorfläche entstehenden Horizontaldruck aufzunehmen, die Bekleidung zu befestigen und auch, wenigstens bei allen graden Thoren, den von der Bekleidung auf sie kommenden directen Wasserdruck unschädlich zu machen. Sie sind desshalb zwischen Wendesäule und Schlagsäule horizontal eingespannt und geben mit der Bekleidung zusammen das Maass für die Dicke des Thores. Da Ober- und Unterrahmstücke auch gewissermaassen als Riegel gelten können, so werden in dieser Hinsicht die übrigen wohl die Zwischenriegel genannt. Vorzugsweise bei Holzthoren sind demnach zur Aussteifung jedes Thorflügels gegen das Versacken in Folge der eignen Schwere oder gegen die Veränderung des Rechtecks in einen Rhombus zwei Theile als wirksame Gegenmittel in Gebrauch: die Strebe und das Zugband. Sie wirken beide zu demselben Zwecke,

haben aber gemäss ihrer verschiedenen Wirkungsweise eine sich grade in der Mitte des Thorflügels überkreuzende Lage. Die Strebe geht möglichst tief von dem Fuss der Wendesäule bis zu dem der Schlagsäule nahe liegenden Ende des Oberrahmstücks, wogegen das Zugband von dem Kopf der Wendesäule bis nahe zu dem tiefsten Punkte der Schlagsäule geht. Dass nicht in ähnlicher Weise auch die Strebe nach dem oberen Theile der Schlagsäule geführt werden darf, ist eines Theils darin begründet, dass sie um recht wirksam zu bleiben, keinen zu grossen Winkel mit der Wendesäule bilden darf und ferner, dass dann die Verbindung zwischen dem Oberrahmstück und den beiden Säulen um so schwieriger wird. Die constructiven Einzelnheiten sind im § 14 angegeben.

In den Thorflügeln sind fast stets dann Schützöffnungen angebracht, wenn nicht neben dem Thore in oder hinter den Seitenwänden sog. Umläufe liegen. Beide Arten von Oeffnungen dienen dazu das höhere Wasser mit dem niedrigeren zu verbinden und namentlich bei Kammerschleusen die Füllung und Leerung der Kammer zu bewirken. Die constructiven Einzelnheiten der Thorschützen werden in den §§ 14 und 15, ihre Bedeutung und Wirksamkeit dagegen erst im § 19 besprochen.

Endlich sei von den für die meisten Thore gemeinsamen Theilen noch die Laufbrücke erwähnt, welche zur Hälfte auf jedem Thorflügel liegt und daher nur bei einem geschlossenen Thore benutzt werden kann. Ihre Construction hängt durchaus von der des Thores ab, ihr Zweck ist aber bei allen Schleusen der nämliche, die Herstellung einer Fusspassage über die Schleuse. Dies ist zur raschen Bedienung der in Canälen liegenden Kammerschleusen durch den Schleusenwärter, namentlich wenn derselbe wie bei allen kleineren Schleusen keinen Gehülfen hat, absolut nothwendig. Die so gebildeten Laufbrücken reichen dabei völlig aus um in jedem Stadium des Durchschleusens rasch von dem einen Ufer auf das andere gelangen zu können, weil in diesen Kammerschleusen zu jeder Zeit das eine Thor geschlossen gehalten werden muss. Wenn bei kleineren und daher nur geringe Dicke besitzenden Thoren die Laufbrücke erheblich breiter als die Dicke des Thores wird, so entsteht daraus in der Regel keine Schwierigkeit, weil die Brücke leicht um ein kleines Maass über den Seitenwänden vortreten kann und desshalb bei der Lage des geöffneten Thores nicht auch wie der Thorflügel selbst Platz in der Thornische zu finden braucht.

Nach dieser allgemeinen Darstellung eines zweiflügeligen Thores ist es besonders noch wichtig die allgemeinen Bedingungen zu betrachten, welche zu einem dichten Verschluss der Thoröffnung, sowie zu einer leichten Bewegung der Thorflügel und zu ihrer geschützten Lage während ihres Offenstehens zu erfüllen sind.

Im geschlossenen Zustande können die Flügel eines zweiflügeligen Drehthores nur neben und hinter der Wendesäule durch die Seitenwand und an dem Unterrahmstück durch den Drempel eine directe und absolut sichere Unterstützung erhalten, falls nicht wie bei vielen schiffbaren Deichschleusen die Schleuse überdeckt ist und auch dem Oberrahmstück eine dem Drempelschlag ähnliche Unterstützung gewährt. Dieser Fall ist aber bei den eigentlichen Schiffsschleusen so selten, dass er hier nicht weiter in Betracht zu ziehen ist. Es würde nun offenbar bei jener nur an zwei Kanten erfolgenden Unterstützung einer elastischen Platte durch einen bedeutenden Wasserdruck eine erhebliche Verbiegung derselben erfolgen müssen, wenn nicht auch die dritte Seite, die der Schlagsäule durch das gegenseitige Stemmen in ihrer Lage und Form erhalten würde. Wenn nun auch die vierte Seite des Thorflügels, die des oberen Rahmstücks nicht weiter gehalten wird, so lässt sich dieselbe

und die zunächst anschliessende Fläche leicht steif genug gegen Verbiegung machen, zumal der Wasserdruck oben erst allmählich beginnt.

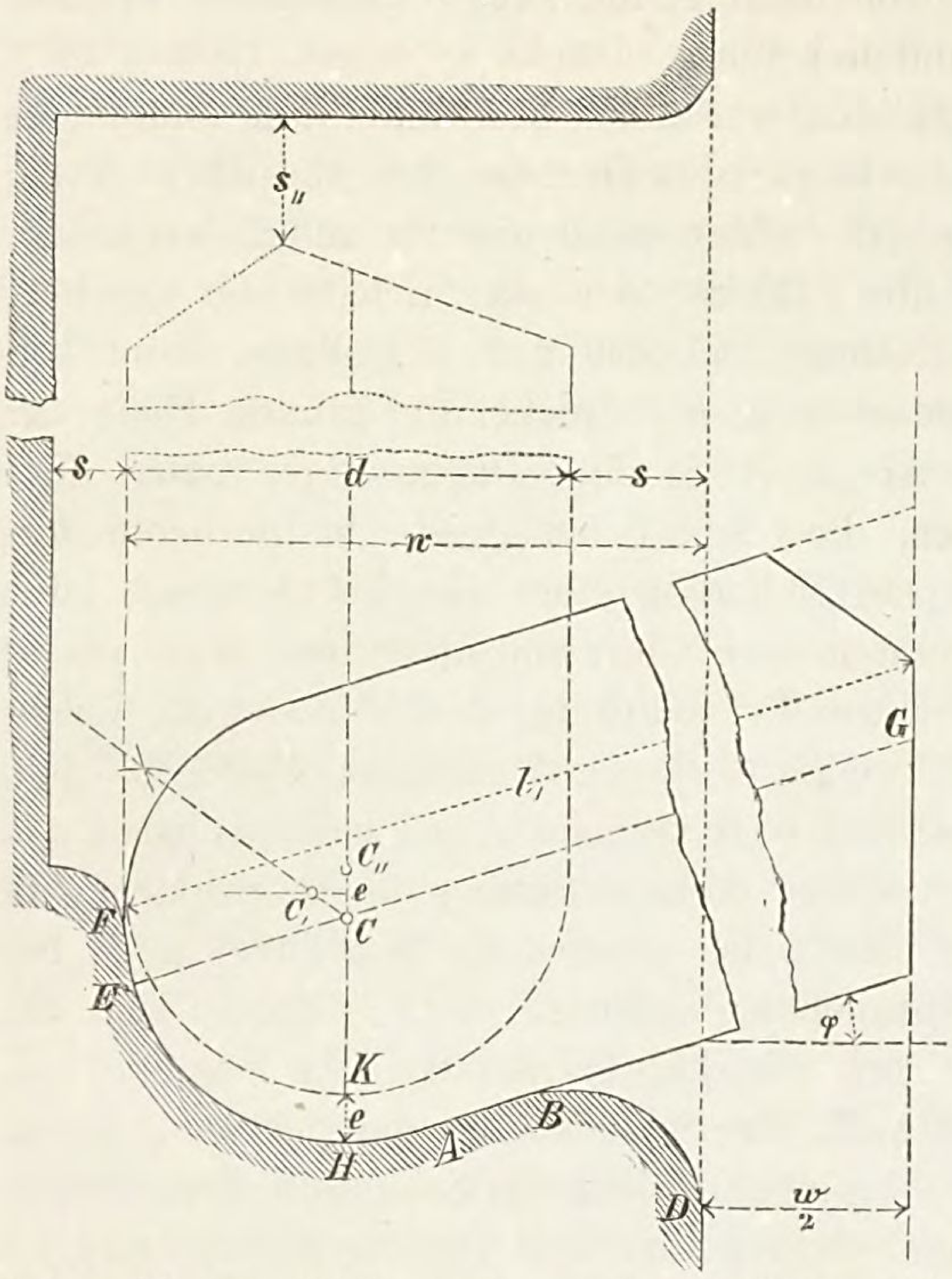
Dieses Stemmen in der ganzen Höhe der beiden Thorflügel und ohne eine Verbiegung derselben wird aber nur dann möglich, wenn sie sich sowohl über der Spitze des Drempels oder in der Achse des Schleusenhauptes in völlig lothrechter Ebene berühren als auch sich mit der halben Dicke oder bis zur Mitte der Rundung der Wendesäule gegen die Seitenmauern stützen. (Vergl. § 7, Resultante des Thordrucks.) Aber aus dieser Anforderung allein geht noch nicht die genaue Form des Thorflügels und des betreffenden Mauertheiles sowie die nothwendige Breite eines Thorflügels hervor. Hierzu ist ausserdem die Lage desselben in völlig geöffnetem Zustande zu berücksichtigen. Bei diesem muss nämlich der ganze Flügel mit allen etwaigen Vorsprüngen an der Unterseite so in der Thornische liegen, dass ein in der Achsenrichtung durch die Schleuse fahrendes Schiff nicht die geringste Gefahr einer gegenseitigen Berührung hervorruft. Weil aber der Thorflügel vielleicht nicht immer völlig in seine Nische gedreht ist, und weil ferner ein geringes seitliches Abweichen des Vorder- oder Hinterschiffs von der Achsenrichtung leicht möglich sein kann, so empfiehlt es sich den richtig in die Nische gedrehten Thorflügel noch um etwa 5 bis 10^{cm} hinter die Front der Seitenwände zurücktreten zu lassen. Für alle etwaigen Vorsprünge auf der Oberseite des Thorflügels müssen entweder die entsprechenden Vertiefungen in der Seitenwand oder aber eine entsprechend grössere Tiefe der Thornische, als für die blosse Hauptfläche jener Seite nöthig sein würde, hergestellt werden. Es wird zuweilen ein Uebermaass der Tiefe gegeben, was indessen bei den von der Wasserseite her kommenden Stössen gradezu nachtheilig für die Befestigungstheile des Thorflügels werden kann. Es ist vielmehr zu empfehlen, so viel wie möglich allen einzelnen vorspringenden Theilen, wie Schraubenköpfen, Zugbändern u. s. w. die gleiche Dicke zu geben, genau um diese Dicke die Tiefe der Thornische über das für den eigentlichen Thorflügel erforderliche Maass zu vergrössern und nur für alle nicht innerhalb jener Dicke zu haltenden Vorsprünge, wie Schützen, Schützstangen u. s. w. besondere kleinere Nischen auszubilden. Es wird dann bei etwaigem Stoss der Thorflügel sich gegen die Wand stützen und am wenigsten zu leiden haben.

Nunmehr ist bei bekannter Weite der Schleuse und bei gegebenem Vorsprunge des Drempels über seine Grundlinie die Breite des Thorflügels genau zu bestimmen. Es muss nach nachstehender Fig. 7 (S. 874) zunächst derselbe in geöffneter Lage gezeichnet werden; aus seiner Dicke d, der Grösse des Spielraumes s und dem Winkel φ, wobei $tg\,\varphi$ gleich dem Verhältniss des Drempelvorsprungs zur halben Schleusenweite, ergiebt sich dann durch Rechnung oder Construction sofort die grösste Breite des Thorflügels $l_{,}$ von dem äussersten Stützpunkt F bis zu dem in derselben Parallele liegenden Schnittpunkt mit der Mittellinie des Schleusenhauptes als

$$l_{,} = \frac{\frac{w}{2} + d + s}{\cos\varphi} \quad \text{(vergl. § 7).}$$

Aus der Breite des Thorflügels ergiebt sich ferner erst nach Hinzurechnung eines Spielraumes $s_{,,}$ von etwa 15 bis 20^{cm}, sowie der später noch zu motivirenden Excentricität e, d. h. des Maasses, um welches sich der geöffnete Thorflügel mit dem Rücken der Wendesäule aus der Wendenische frei dreht, die Länge der ganzen Thornische also zu $s_{,,} + l_{,} + e$. Die Tiefe derselben ist $= s_{,} + d + s$. Die Form der Wendenische im Grundrisse ergiebt sich endlich aus der Lage des geschlossenen Thores,

Fig. 7.



wobei die Punkte A und F die Tangentenpunkte des Kreisbogens sind, welcher dem Rücken der Wendesäule entspricht. An diese Punkte schliessen sich grade Linien parallel zur Schleusenachse bezw. zur Schlagschwelle an. Bei F wird zum Uebergange aus der Linie AF und der Flucht der Thornische eine kleine Abrundung von etwa 3 bis 5^{cm} Radius und bei B eine stärkere von etwa 5 bis 10^{cm} Radius je nach der Grösse der Schleuse gegeben. Der erstere Bogen ist ziemlich unwesentlich, der letztere dagegen sehr wichtig, damit nicht bei raschem Schluss der Thorflügel ein heftiger Stoss auf die spitzwinklige Ecke komme, welcher selbst bei harten Quadern leicht ein Abspringen zur Folge haben würde.

Für gekrümmte Schleusenthore würden sich leicht mit kleinen Aenderungen der nebenstehenden Figur die erforderlichen Horizontaldimensionen in ähnlicher Weise ermitteln lassen.

Es erübrigt indess noch die vorhin erwähnte Excentricität des Thorrückens gegen die Rundung der Wendenische zu besprechen. Diese Excentricität wird angewandt um bei dem Oeffnen und Schliessen der Thore möglichst wenig Reibung und Abnutzung der Wendesäule und Wendenische zu erhalten. Man legt dazu die Drehachse des Thorflügels ebenfalls und zwar nach der vorstehenden Figur excentrisch zu der Mittellinie oder Achse der Wendenische, alsdann wird sich beim ersten Beginn des Oeffnens sofort der Rücken der Wendesäule von der Wendenische entfernen. Die Projection der Drehachse des Thorflügels wird sofort gefunden, wenn die angenommene Excentricität der Mittelpunkte der Wendenische und der Wendesäule des geöffneten Thorflügels e in der Richtung der Mittellinie des geöffneten Flügels von C nach $C_{,,}$ aufgetragen, sodann halbirt wird, wenn ferner auf den Halbirungspunkt eine Senkrechte gegen jene Mittellinie gezogen und endlich aus dem Mittelpunkte der Wendenische C eine Halbirungslinie durch den Winkel $ECC_{,,}$ gezogen wird. Wo diese Linie jene Senkrechte schneidet, liegt die Drehachse für den Thorflügel. Denn der Winkel $CC_{,}C_{,,}$ ist offenbar gleich dem Drehungswinkel des Thores oder gleich $GCC_{,,}$ und es wird sich also durch die Drehung der Punkt C nach $C_{,,}$ begeben, oder der Rücken der Wendesäule von H nach K. Es wird sich also auch kein Punkt der Wendesäule in der Wendenische reiben können. Es genügt, wenn man die Excentricität e gleich 2^{cm} nimmt. Würde man sie grösser nehmen, so ist die Anbringung der Zapfen unbequem und ausserdem würde um so leichter ein schwimmender Körper bei geöffnetem Thore in die Wendenische treiben und das Schliessen nicht allein erschweren, sondern auch für die Verankerung des Halzzapfens gefährlich machen.

Die Höhe der zweiflügeligen Thore bestimmt sich sehr viel einfacher. Nach

§ 8 (bei Beschreibung des Drempels) ist die nöthige Höhe des sogenannten Thoranschlags je nach der Grösse des Thores und des Wasserdrucks zwischen 10 und 20^{cm} bestimmt. Diese Höhe genügt völlig um den auf die Unterkante des Thorflügels kommenden Druck in einer für das Thor wie für den Drempel unschädlichen Weise auf den letzteren zu übertragen. Wie hoch die Thore nach obenhin zu reichen haben, muss sich aus dem specielleren Zweck der Schleuse und der Belegenheit ergeben. Bei Canalschleusen, wo in der oberen Haltung meistens nur ein Wasserstand von bestimmter Höhe vorkommen darf, würde eben dieser Spiegel die grösste Höhe der Thore bestimmen. In einzelnen Fällen wie z. B. in dem Papenburger Canal sind die Thore absichtlich so niedrig gehalten, dass selbst bei einer nur geringen Anschwellung der oberen Haltungen sofort ein Ueberlauf über die Thore erfolgt, der wenigstens eine merklich höhere Anschwellung verhindert und ausserdem dem Wärter sofort anzeigt, dass auch die Thorschützen zur Erleichterung des Abflusses zu ziehen sind. Aus einer unnöthigen Höhe der Thore kann dagegen für eine obere Haltung, die zeitweilig starken Zufluss besitzt, leicht eine schädliche Anschwellung entstehen. Bei Flusschleusen wird sich die Höhe der Thore danach richten ob die Schleuse bei Hochwasser überströmt werden soll oder nicht. Ist ersteres der Fall, wie z. B. bei den Schleusen der canalisirten Saar, so brauchen die Thore nicht höher zu sein als der höchste Wasserstand, bei welchem noch die Schiffahrt ausgeübt werden soll. Denn sobald dieser überschritten ist, hat auch die Schleuse für die Schiffahrt keine Bedeutung mehr. Man wird jedoch nur in solchen Fällen die Schleusen überströmen lassen, wenn einerseits kein wesentlicher Schaden für diese daraus zu erwarten ist und wenn anderseits die Höhe des höchsten Hochwassers die des höchsten schiffbaren Wassers erheblich übersteigt und ausserdem die Schleuse in oder unmittelbar neben dem eigentlichen Flussbette belegen ist, so dass nur durch unverhältnissmässige Mehrkosten die Schleuse selbst wasserfrei gemacht werden könnte. Wo dagegen die Schleuse in einem Seitencanal oder so geschützt liegt, dass sie leicht der Ueberströmung entzogen werden kann und wenn ausserdem die Differenz zwischen absolut höchstem Wasser und höchstem schiffbaren Wasser nur gering ist, wird jedenfalls die Ueberströmung als ein sicheres Uebel vermieden werden müssen. Denn es ist unvermeidlich, dass gewisse Ablagerungen in der Schleusenkammer stattfinden und es müssen ferner alle über den Schleusenmauern und der Oberkante der Thore vortretenden Theile rechtzeitig vor der Ueberströmung abgenommen werden, weil sonst ihre Beschädigung fast unausbleiblich ist. Eine Höhe von etwa 20^{cm} über dem noch abzuhaltenden Wasser wird aber für alle Flusschleusen genügen.

Endlich ist noch die Höhe der Seeschleusenthore zu bestimmen. Hierzu kommt es namentlich mit auf die Belegenheit gegen die Richtung des stärksten Windes und der höheren Wellen an. Es soll allerdings wenn irgend möglich die Schleuse nicht in einer dieser Richtungen liegen, oder wenigstens durch einen Vorhafen gegen den directen Angriff der Wellen geschützt sein. Dennoch wird es oft nicht zu vermeiden sein, dass etwa 1^{m} hohe Wellen noch die Thore treffen. Es kommt dann wieder zunächst auf den Zweck der Schleuse an, ob man gestatten darf, dass jedesmal die höchsten Theile der Wellen hinüberschlagen oder nicht. Wenn z. B. die Schleuse das offene Wasser von einem längeren und grossen Binnencanale trennt, in welchem eine mässige Erhöhung keinen Nachtheil bringt und ausserdem mit Wahrscheinlichkeit bei einer der nächsten Ebben wieder zum Abfluss kommt, so darf man zur Ersparung an Höhe die Wellen etwas überspritzen lassen. So liegen z. B. die Fluth-

thore der Schleusen des Amsterdamer Seecanals an der Nordsee nur $0^m,6$ mit ihrem dichten Theile über dem höchsten Aussenwasser, während die Wellen, trotz der Zurücklegung der Schleusen von der Mündung des Vorhafens um etwa 2^{Km}, mit ihren Köpfen noch etwas darüber schlagen. Bei den Fluththoren der Geestemünder Schleuse ist dagegen eine Höhe von reichlich 1^m über höchstem Aussenwasser gewählt, weil hier nur eine beschränkte Hafenfläche durch die Schleuse geschützt wird und wegen der grossen Nähe der Schleuse an der seeartig breiten Unterweser die Wellen noch über 1^m hoch über den ideellen höchsten Stand sich erheben. Wo aber gar eine tiefliegende und schwer zu entwässernde Niederung direct durch die Fluththore einer Seeschleuse zu schützen ist, wird unter Umständen ein noch höheres Maass der Thore über den höchsten Wasserstand nothwendig sein können.

Es mag hier eine seltene und wohl fast nie zu empfehlende Anordnung der Thore Erwähnung finden, welche nach Fig. 9, Taf. L bei der Weichselschleuse zu Rothebude getroffen ist. Diese Schleuse bildet den Eingang des Weichsel-Haff-Canals von der Weichsel aus, und muss zu Zeiten, wenn die letztere ihr höchstes Wasser hat, während der Wasserstand im Haff-Canale niedrig ist, einen Druck von über 8^m ertragen. Indem die inneren nach dem Canal hin belegenen Thore um etwa 4^m weniger hoch hinaufreichen als das höchste Aussenwasser, so sind die Aussenthore aus zwei übereinander liegenden Theilen gemacht. Die untere Hälfte correspondirt mit den inneren Thoren an Höhe und dient für die Zeiten, in denen auch das Weichselwasser nicht höher steht und die Schiffahrt auf der Weichsel betrieben wird. Diese Thore sind etwa $6^m,6$ hoch und schlagen an den steinernen Drempel. Um aber auch das höhere Weichselwasser abzuhalten genügen sie offenbar nicht, sondern werden zu diesem Zwecke ergänzt durch ein für gewöhnlich in den Thornischen liegendes Flügelpaar, welches sich in geschlossenem Zustande mit der inneren Seite seiner Unterrahmstücke gegen die äussere Seite der Oberrahmstücke der unteren Thorhälfte wie gegen einen Drempel legt. Es ist klar, dass die Thornische der oberen Thorhälfte um die Dicke der unteren Thorhälfte zurückspringen muss und dass die obere Thorhälfte eine wesentlich grössere Breite als die untere erhält. Es ist bei der ungünstigen Form der oberen Thorhälfte keineswegs anzunehmen, dass sich die so aus zwei Theilen hergestellten Thore länger halten werden, als ein zwar sehr hohes aber dabei besonders günstig geformtes Thor, während unzweifelhaft die Herstellungskosten schon wegen der doppelten Zahl der Verzapfungen, Verankerungen und der Bewegungsmechanismen viel höher kommen. Der einzige Grund für diese Anordnung kann nur in der vermutheten leichteren Handhabung der unteren Thorhälfte im Vergleich zur Bewegung der ungetheilten Thore gesucht werden, wogegen indess wieder der Wegfall einer bequemen Laufbrücke auf den Thoren mindestens als gleich grosser Nachtheil gelten dürfte.

Eine eigenthümliche, in deutschen Seehäfen nirgends vorkommende Anordnung ist die im § 2 bereits erwähnte Anbringung von Gegenthoren (franz. *valets*) gegen die Thore einer Dockschleuse, siehe Fig. 5^c, S. 850. Dies kann dort nothwendig werden, wo einfache Dockschleusenthore von starken äusseren Wellen getroffen und dadurch stossweise bald geöffnet bald zugeschlagen werden. Wo also bei starkem Sturm die äusseren Fluth- oder Sturmthore geschlossen werden, kann ein solcher Fall nicht eintreten. Da nun in französischen Häfen, namentlich am Canale, die Sturmfluthen wenig höher sind als die gewöhnlichen, so fehlen dort in der Regel die Sturmthore und sind andererseits die Gegenthore häufiger. Dieselben schlagen in die entsprechend tiefere Thornische, bestehen aus einem meist trapezförmigen, unbekleideten Rahmen mit kurzer Schlagsäule und einigen unten meist schräg liegenden Riegeln. Die Schlagsäule stützt sich gegen einige in der Höhe der Riegel des Haupthors liegende Knaggen. Durch Zusammenbinden der Gegenthore während des Sturmes wird eine Verschiebung derselben unmöglich gemacht.

In Deutschland pflegt man wohl die Schlagsäulen der Sturmthore zusammenzubinden, wenn dieselben bei geringem Ueberdruck ebenfalls schlagen sollten.

Endlich ist hier kurz zu erwähnen, dass man den Thoren auch zuweilen eine grössere Höhe als den Seitenwänden giebt, und zwar fast stets nur um sie mehr gegen Versackung zu schützen oder ihre Bewegung zu erleichtern. Der obere Theil pflegt jedoch alsdann unbekleidet zu sein. Siehe Fig. 11, Taf. XLIX und Fig. 16, Taf. LIII. — Ueber die etwaige Unterstützung der Thore während der Oeffnung mittelst Laufrollen für die Zeit der Bewegung und mittelst Hebelapparaten für die Zeit

der Ruhe ist in den §§ 14 und 15 und in § 18 gelegentlich die Rede, während die Verankerungen und Zapfen im § 17 und die Bewegungsvorrichtungen im § 18 ausführlich behandelt sind.

§ 7. Theoretische Betrachtungen. Die nachstehenden Betrachtungen sollen keineswegs eine vollständige Theorie aller bei dem Schleusenbau vorkommenden Constructionen oder Erscheinungen geben, sondern im Wesentlichen nur die für eine theoretische Berechnung zu machenden Annahmen ihrem Werthe nach begründen und nur solche theoretische Ableitungen durchführen, welche eine besondere Eigenthümlichkeit des Schleusenbaus bilden.

Bei den Schleusenböden ist ausser der constructiven Haltbarkeit gegen den Angriff des fliessenden Wassers, Aufstossen von Schiffen u. s. w. vorzugsweise die Sicherheit gegen den Auftrieb des Wassers bei hohem Aussen- oder Ober-Wasserstande und bei leerer Schleuse zu berücksichtigen. In ersterer Beziehung sind theoretische Betrachtungen hier nicht zu machen, in letzterer sind namentlich die Constructionsweise und die Güte der Ausführung für die etwaige Berechnung maassgebend. Wenn man annehmen müsste, dass der ganze Boden einer breiten Schleuse mit dem vollen Wasserdruck, der sich aus der Differenz des höchsten äusseren und des niedrigsten inneren Wassers und der Unterfläche des Schleusenbodens ergibt, gedrückt würde, so müssten die üblichen Constructionsstärken mehr als verdoppelt werden, um gegen einen solchen Auftrieb Sicherheit zu gewähren. Erfahrungsmässig ist also eine solche Annahme viel zu gross. Welchen Theil dieses grössten theoretischen Auftriebes man jedoch in Rechnung zu ziehen hat, hängt von der Beschaffenheit des Untergrundes, der mehr oder weniger vollkommenen Abschliessung der Wasseradern und endlich auch von der Ausdehnung des Schleusenbodens ab. So wird z. B. in einem festen Thonboden, wenn nicht durch schlechte Ausführung das Wasser zwischen dem künstlichen Schleusenboden aus dem Thone eintreten kann, fast gar kein Auftrieb, dagegen in reinem Sandboden stets ein verhältnissmässig grosser stattfinden, der bei mangelnder Abschliessung der Wasseradern annähernd gleich jenem grössten werden kann. Wenn jedoch selbst bei porösem Sandboden zweckmässig angeordnete und gut ausgeführte Spundwände und ausserdem ein Thonschlag unter dem Schleusenboden vorhanden sind, so ist es undenkbar, dass die ganze Fläche desselben mit Wasser benetzt sei und dass dieses Wasser den vollen Druck der grössten Differenz ausübe. Um so weniger ist alsdann auch ein grosser Druck zu befürchten, wenn der künstliche Boden nur geringe Ausdehnung hat, und unmittelbar neben ihm der Grund ungedeckt oder nur so gedeckt ist, dass etwaige Quellen freie Oeffnung haben. Dies findet namentlich während der Ausführung von Holzböden Statt. In letzterem Falle ist auch bei Sandboden kaum ein merklicher Auftrieb anzunehmen.

In allen Fällen erscheint es bei guter Ausführung hoch gerechnet, wenn man den halben grössten theoretischen Auftrieb als vorhanden annimmt, und wird in besonders günstigen Umständen schon ein Viertel noch über der Wirklichkeit bleiben.

Wird also nach den Umständen die Grösse des Drucks bestimmt, so erfordert noch die Construction des Bodens einige Annahmen, um die Rechnung durchführen zu können.

Bei einfachem hölzernen Boden müssen unbedingt die Nagelung der Bohlen und die Stärke der Schwellen dem auf sie kommenden Druck direct widerstehen können. Allenfalls kann von dem auf die Schwellen treffenden Auftrieb der Widerstand der Grundpfähle gegen Ausziehen abgezogen werden. Jedenfalls muss

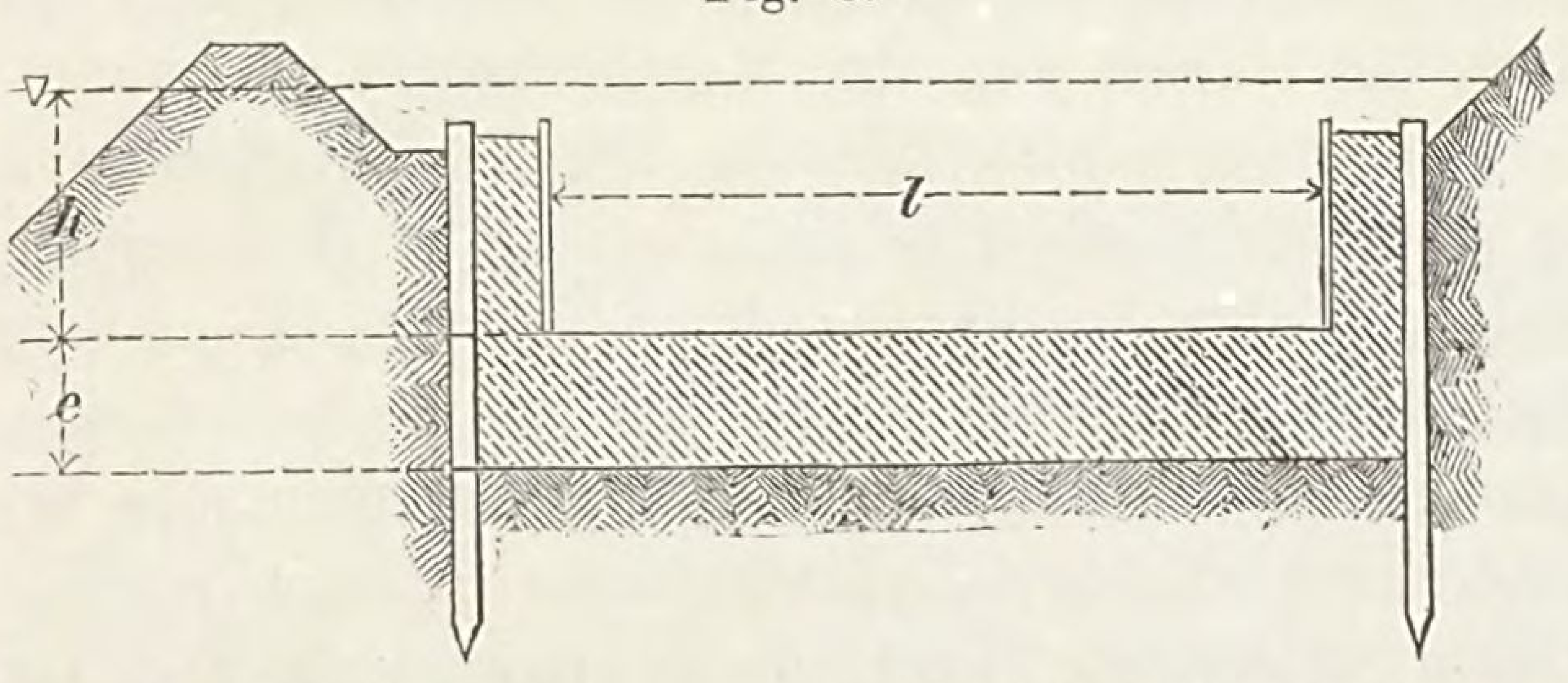
der Widerstand der Pfähle gegen Auftrieb, der annähernd gleich dem Widerstand gegen ihr Eintreiben zu setzen ist, mindestens genügen, um den ganzen Boden gegen Auftreiben zu sichern. Ist der Boden ein doppelter mit sog. Spannbalken (siehe § 8), so darf bei guter Verbindung der Spannbalken mit den Grundschwellen ihre gesammte Stärke einschliesslich der zwischenliegenden Bohlenschicht als die eines verdübbelten Balkens angesehen werden, welcher etwa $^3/_4$ eines gleich starken einfachen Balkens tragen kann. Wenn die Seitenwände aus Mauerwerk bestehen, so können die Balken unbedenklich als fest eingespannte betrachtet werden, wogegen bei hölzernen Seitenwänden die Balken des Bodens nur als an den Enden aufliegend anzusehen sind.

Bei steinernen Böden muss zunächst während ihrer Ausführung, so lange das Gewicht der Seitenmauern fehlt, das Gewicht des Bodens und der etwaigen seitlichen Betondämme genügen, um dem Auftrieb des Wassers zu widerstehen. Das Gewicht des Bodens ist in diesem Falle analog dem Widerstand der Pfähle eines Holzbodens gegen Ausziehen. Ausserdem ist aber auch der leergeschöpfte Boden stark genug zu machen, um nicht etwa in der Mittellinie der Schleuse aufzubrechen. Da ein direct gemauerter Boden nur da vorkommt, wo der Auftrieb überhaupt sehr gering ist, so möge die nachstehende Betrachtung sich nur auf Betonböden beziehen. Es kann dann, unter der Annahme von seitlichen Betondämmen und einem rechteckigen Querschnitt des Betonbettes, dieses als ein eingespannter Balken von der Breite $= 1$, der Dicke $= e$ betrachtet werden, dessen Angriffsmoment

$$= \frac{p \cdot l^2}{12}$$

beträgt, wenn p den auf die Längeneinheit kommenden Auftrieb nach Abzug des Betongewichtes und l die freie Länge zwischen den Seitendämmen bezeichnen, vergl. Fig. 8.

Fig. 8.



Wenn dann n das Verhältniss der wirksamen Wasserdruckhöhe zu der grössten Höhendifferenz, also $^1/_2$ bis $^1/_4$, und γ und γ_1 bezw. das specifische Gewicht des Wassers und des Betons bezeichnen, so ist der Auftrieb $p = \gamma(h + e)n - \gamma_1 e$ und das Angriffsmoment dieses Auftriebs

$$= \frac{[n(h + e)\gamma - e\gamma_1]\, l^2}{12}.$$

Bezeichnet ferner K die zulässige grösste Beanspruchung eines $\square^m$ Beton, welche mit Rücksicht darauf, dass die Zugfestigkeit des Betons etwa $^1/_8$ seiner Druckfestigkeit ist, nur zu 5 Tonnen für $1\square^m$ ($0{,}5^k$ pro $1\square^{cm}$) gerechnet werden mag, so ist das Widerstandsmoment des Betonbettes $= \frac{K \cdot e^2}{6}$.

Demnach wird durch Gleichsetzung der beiden Momente und nach Einsetzung bestimmter Werthe für l, h, γ_1 und n, sowie des vorhin genannten Werths von K die nöthige Dicke von e zu berechnen sein. Wenn z. B. $l = 20^m$, $h = 4^m$, $\gamma_1 = 2$ (der Einfachheit wegen), $n = 0{,}5$ und $K = 5^T$ gesetzt wird, so ergibt sich zunächst aus der Gleichung für den Auftrieb die nöthige Dicke von e, damit das Betonbett dem Auftrieb widerstehen könne, $= 1^m{,}33$, wobei jedoch das Gewicht der Betondämme als über das übrige Bett gleichmässig vertheilt gedacht ist; damit das Bett nicht in der Mitte breche, würde $e = 1^m{,}3$ zu nehmen sein.

Durch die Reduction der grössten Wasserdifferenz auf den wirksamen Druck oder durch die Einführung des Coefficienten n werden augenscheinlich sehr viel geringere Betonstärken erreicht, als wenn nach der Berechnungsweise anderer Schriftsteller, z. B. Hagen, Lagrené u. s. w. die ganze Wasserdifferenz uneingeschränkt als Druckhöhe angenommen wird. Vergleicht man jedoch die thatsächlich ausgeführten Betonstärken grosser Schleusen mit den Rechnungsresultaten, so wird die Mangelhaftigkeit dieser letzteren Berechnung sofort klar.

Die in neuerer Zeit den Betonbetten gegebene Bogenform verstärkt augenscheinlich den Misstand gegen das Durchbrechen, darf jedoch nicht dahin führen das Betonbett als ein zwischen festen Widerlagen ruhendes Gewölbe zu berechnen. Selbstverständlich ist bei der obigen Anschauung eine sorgfältige Ausführung und Vermeidung aller Fehler in der Anordnung der Spundwände, des Wasserschöpfens u. s. w. vorausgesetzt. Vergl. § 9.

Für die Seitenwände der Schleusen gelten im Allgemeinen die Regeln für Futtermauern. Nur ist bei Schleusenmauern mehr als bei fast jeder andern Art von Futtermauern unbedingt jedes Ueberweichen nach vorn unstatthaft; ferner sind die Umstände hinsichtlich des Erddrucks besonders ungünstig, weil angenommen werden muss, dass das Wasser in der Hinterfüllung annähernd die Höhe des gewöhnlichen Oberwassers oder des gewöhnlich hohen Aussenwassers besitze. Daher ist der Erddruck sehr gross anzunehmen und, soweit es mit dem Zwecke und der sonstigen Anordnung der Mauern verträglich, diesen an der Aussenseite eine Böschung bis etwa $^1/_{10}$ zu geben. Das Hinaufziehen der Gewölbe bei gemauerten Böden wird ferner die Stabilität der Mauern in hohem Grade vermehren und man darf die freie Mauerhöhe unbedenklich nur bis zur Kämpferhöhe des mit einem Stichbogen gewölbten Bodens rechnen. Wegen der sonstigen Formen vergl. § 11 und über die Grösse und Richtung des Thordruckes siehe w. u.

Bei der Berechnung der einzelnen Dimensionen eines Drehthores sind zunächst die zwei verschiedenen Zustände desselben zu unterscheiden, nämlich die des geschlossenen und des geöffneten Thores. Für beide Zustände sind gewisse Annahmen zu machen, welche sowohl in zulässiger Weise die Rechnung vereinfachen als auch genügende Sicherheit gegen besonders ungünstige Umstände bieten.

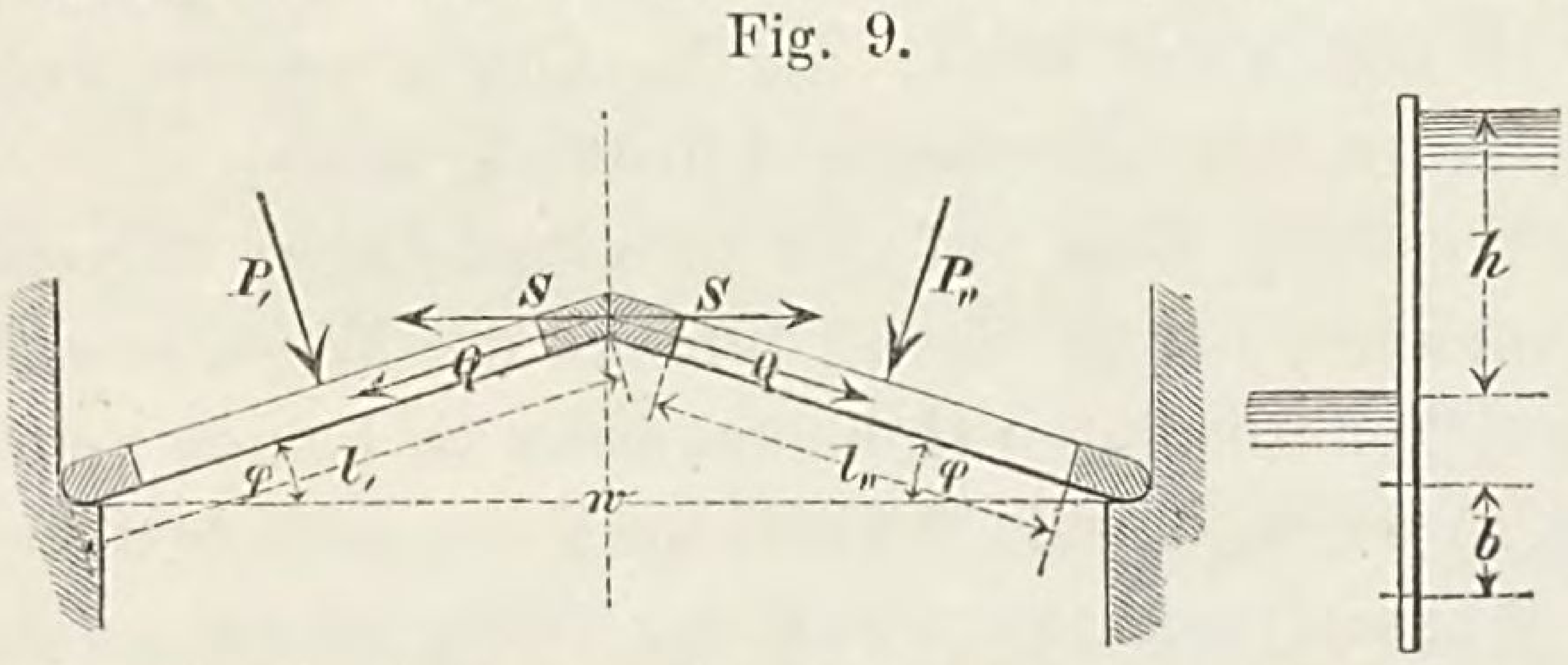
Für den geschlossenen Zustand muss das Thor auf den grösstmöglichen Wasserdruck berechnet werden, oder unter Annahme der grössten Differenz der Wasserstände zu beiden Seiten. Wann oder unter welchen absoluten Höhenmaassen zu beiden Seiten der grösste Wasserdruck eintritt, muss in jedem einzelnen Falle nach den örtlichen Verhältnissen bestimmt werden. Dieser Wasserdruck fängt von der Spiegelhöhe an der Aussenseite an, nimmt gleichmässig zu bis zur Spiegelhöhe an der Innenseite, und geht von dort mit constantem Werthe bis zur Höhe des Drempelanschlags. Indem sich beide Thorflügel gegeneinander, mit ihren Wendesäulen gegen die Thornischen stemmen und mit ihren Unterkanten gegen den Drempel stützen, so ist während des stärksten Wasserdrucks keine Gefahr vorhanden, dass die Flügel durch ihr eignes Gewicht versacken. Für den geschlossenen Zustand kann man desshalb das Eigengewicht der Thore völlig vernachlässigen. Dagegen wird aber auch diejenige Unterstützung, welche das Thor durch den Anschlag an dem Drempel erhält und welche namentlich in dem unteren Theile eine nicht unwesentliche Sicherheit gegen jede Verbiegung des Thores gewährt, unberücksichtigt gelassen, weil unter besonders ungünstigen Umständen, z. B. durch Einklemmen eines Gegenstandes zwischen den

Schlagsäulen der beiden Flügel u. s. w., dieser Drempelschlag zeitweilig fehlen kann. Ausserdem wird die Berechnung dabei sehr vereinfacht. Ferner sieht man wegen der constructiven oder praktischen Schwierigkeiten davon ab, dass etwa dem Thorflügel im senkrechten Querschnitt eine dem Wasserdruck entsprechende äussere Begrenzung gegeben werden könnte, sondern man nimmt im Allgemeinen an, dass diese Begrenzung ein Rechteck oder dass die Dicke des Thores oben und unten gleich sei. Die Folge dieser letzteren Annahme ist, dass die Hauptconstructionstheile, welche dem Wasserdruck zu widerstehen haben, nach unten hin entweder einander näher liegen oder an sich stärker und massiger gebildet sein müssen als nach oben hin.

Unter Bezugnahme auf die in den §§ 14 und 15 besprochene Construction eines mit graden hölzernen oder eisernen Riegeln versehenen Thores von mässigen Dimensionen mögen für diese Constructionsart noch folgende specielle Annahmen gemacht werden: die Bekleidung gleichviel ob mit Bohlen oder Blechen wird lediglich als auf den Riegeln und den Umfangsstücken aufliegend und von diesen unterstützt angesehen, wogegen ihr Widerstand gegen den in der Längenrichtung der Riegel erfolgenden Angriff vernachlässigt wird. Es wird ferner von der Uebertragung der Kräfte von einem Riegel auf den benachbarten, also von einer gegenseitigen Unterstützung derselben durch die Stärke der Wende- und Schlagsäule abgesehen, vielmehr jeder Riegel als für einen bestimmten horizontalen Streifen des Thorflügels isolirt wirkend betrachtet. Diese Streifen können mit hinreichender Genauigkeit als durch die Mitten der zwischen benachbarten Riegeln liegenden Abstände begrenzt angesehen werden und mögen Riegelfelder heissen. Es ist danach noch in jeder Beziehung günstig für die Sicherheit, aber ungünstig für den Materialaufwand gerechnet, wenn jedes Riegelfeld als für sich bestehend betrachtet und nach Maassgabe seines Wasserdruckes zunächst die Stärke der Riegel unter Annahme der Entfernungen oder umgekehrt die Entfernungen der Riegel unter Annahme ihrer Stärken bestimmt werden.

Nach nachstehender Fig. 9 ist der Wasserdruck eines unter Wasser liegenden Riegelfeldes für die ganze Breite $l_,$ eines Thorflügels $= P_, = l_, b\,h\,.\gamma$ und für die freie Riegellänge $P_{,,} = l_{,,}\,b\,h\,.\gamma$, wenn γ das specifische Gewicht des Wassers. Beide Drücke sind in horizontaler Richtung gleichmässig über die Längen $l_,$ und $l_{,,}$ vertheilt. Der erstere Druck ist maassgebend für den von dem ganzen Thorflügel oder einem horizontalen Streifen desselben aufgenommenen und auf den anderen Flügel, sowie auf die Wendenische übertragenen Druck Q. Dieser ist, unter Einsetzung einer Kraft S, durch die sich beide Flügel in ihrer Lage erhalten und welche rechtwinklig zur gemeinsamen Berührungsfläche stehen muss, zufolge der Gleichungen:

Fig. 9.



$$S.l_,.\sin\varphi = P_, \frac{l_,}{2},\quad S = \frac{P_,}{2\sin\varphi} \text{ und } Q = S.\cos\varphi.$$

$$Q = \frac{P_,}{2.tg\,\varphi} = \frac{l_, b\,h.\gamma}{2\,tg\,\varphi}.$$

Bezeichnet sodann F den Querschnitt eines Riegels und $K_,$ die Beanspruchung des Materiales, so muss letztere sein

$$K_, = \frac{Q}{F} = \frac{l_, b\,h.\gamma}{2\,tg\,\varphi},$$

wenn eben nur die in der Längenrichtung des Thorflügels wirkende Kraft berücksichtigt wird.

Da jedoch auch der auf die Länge des Riegels wirkende Druck $P_{,,}$ den Riegel auf Biegung und Bruch in Anspruch nimmt und diese Beanspruchung

$$K_{,,} = \frac{\textit{Kraftmoment}}{\textit{Widerstandsmoment}} \quad \text{oder} \quad K_{,,} = \frac{\frac{1}{8} P_{,,} l_{,,}}{J : a} = \frac{a \, . \, l_{,,}^2 \, b \, h \, \gamma \, .}{8 \, . \, J} \text{ ist,}$$

wobei J das Trägheitsmoment des Riegelquerschnitts und a den Abstand der am stärksten beanspruchten Faser von der neutralen Achse bedeuten, so darf die grösste zulässige Beanspruchung K nur sein:

$$K = K_{,} + K_{,,} = \frac{l_{,} b \, h \, \gamma}{2 \, tg \, \varphi \, . \, F} + \frac{a \, l_{,,}^2 \, b \, h \, \gamma}{8 \, . \, J} \quad \text{. 1.}$$

Für hölzerne Riegel vom Querschnitt $F = x \, . \, y$, einem Trägheitsmoment $J = {}^1/_{12} \, y \, . \, x^3$ und $a = {}^1/_2 \, x$ wird also:

$$K = K_{,} + K_{,,} = \frac{l_{,} b \, h \, . \, \gamma}{2 \, tg \, \varphi \, . \, xy} + \frac{3 \, . \, l_{,,}^2 \, b \, h \, \gamma}{4 \, y \, x^2},$$

woraus entweder bei bekanntem Werth von K $l_{,}$, $l_{,,}$, b, h, φ und unter vorläufiger Annahme der einen Dimension z. B. y die andere x oder etwa, wenn x und y angenommen sind, die Breite des Riegelfeldes b zu berechnen ist. Es möge hier empfohlen werden den Zahlenwerth für K kleiner anzunehmen, als bei geschützter liegenden Hölzern üblich ist, also bei Eichenholz etwa zu 50 bis 60^{k} pro $\square^{cm}$.

Für eiserne Riegel ist ein bestimmtes Profil, also sowohl F als auch J und a zunächst anzunehmen und danach b zu berechnen, wobei übrigens versuchsweise verschiedene Profile zu wählen sind. Für den unteren Theil des Thores, wo bei einem gewissen Unterwasserstande der Wasserdruck constant ist, bekommen die einzelnen Riegel für gleiche Abstände auch dieselben Profile. Nur wenn etwa die Schützen eine grössere Höhe als die der Riegelentfernungen haben müssen, so ist für das betreffende Riegelfeld das Profil der benachbarten Riegel stärker zu nehmen. Für den oberen Theil des Thores, bei dem der Wasserdruck nach oben abnimmt, empfiehlt es sich, die Zahl n der Riegel bis zum Unterwasser anzunehmen und eine vorläufige Bestimmung der Lage derselben in der Weise zu bewerkstelligen, dass man ein den Wasserdruck repräsentirendes rechtwinkliges und gleichschenkliches Dreieck, dessen Basis und Höhe $= h$ sind, durch Horizontallinien in $(n - 1)$ flächengleiche Trapeze und ein ebenso grosses Dreieck theilt. Aus der Lage der Schwerpunkte dieser Figuren ergiebt sich alsdann jene vorläufige Lage der Riegel. Praktische Rücksichten bringen es jedoch mit sich, dass dieselbe bei der Ausführung wesentliche Modificationen erfährt (vergl. § 14).

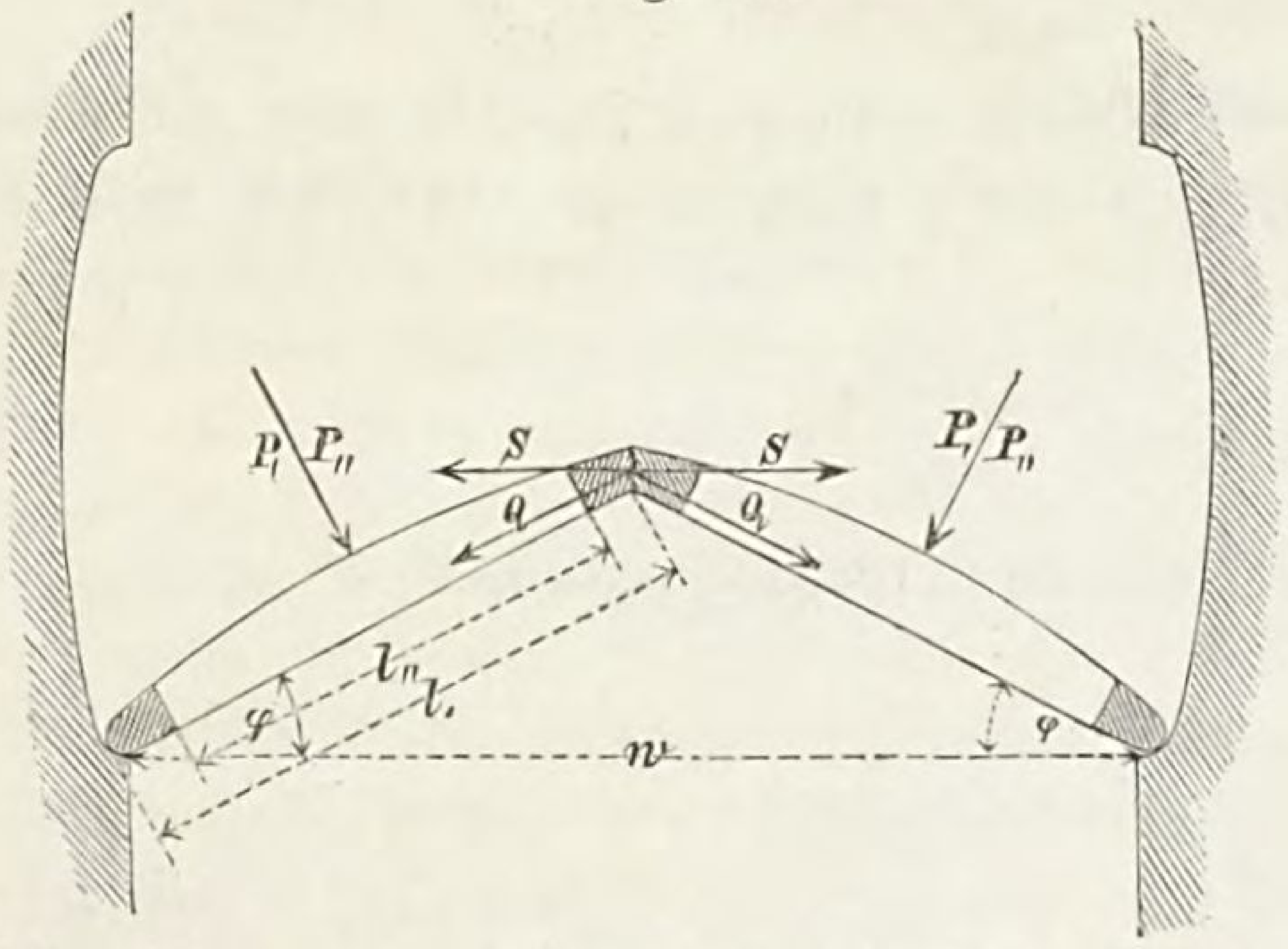
Indem hinsichtlich speciellerer Berechnung der einzelnen Theile eines Schleusenthores mit graden Riegeln auf Lagrenés „Cours de navigation intérieure“ verwiesen werden mag, sei noch für die Berechnung der Blechstärke für die Bekleidung die von demselben entwickelte Formel $e = 0{,}0112 \, . \, d \sqrt{h}$ erwähnt, worin e die Blechdicke, h die Höhe des Wasserdrucks und d die lichte Entfernung der Riegel bezeichnen. Danach würde z. B. für eine Druckhöhe von 4^{m} und eine lichte Riegelentfernung von $0^{m},5$ die Blechdicke $= 0^{m},0112$ werden.

Bei grossen hölzernen Thoren mit starker verticaler Bebohlung darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass derartige Bohlen einen namhaften Theil des Wasserdrucks auf die horizontalen Umfangshölzer übertragen. Auf die betreffenden theoretischen Untersuchungen kann nicht näher eingegangen werden. Es ist indess auf

einen interessanten Aufsatz von Chevallier in den Ann. d. ponts et chaussées. 1850. 1. Sem. S. 309 zu verweisen.

Für Thore, deren an der Innenseite grade Flügel nach Fig. 10 unter einem Winkel $= 180 - 2\varphi$ zusammenschlagen und an der Aussenseite gekrümmt sind, jedoch so, dass beide Flügel nicht eine continuirliche Curve bilden, bleibt im Uebrigen der Gang der Berechnung wie bei den Thoren mit graden Flügeln, nur wird zunächst als wirksamer Querschnitt F gegen Stemmen der kleinste Werth der Querschnitte des ganzen Riegels einzusetzen und sodann das Angriffs- oder Kraftmoment unter Berücksichtigung der Krümmung zu berechnen sein. Dasselbe ist:

Fig. 10.



$$\frac{P_{,,}\,l_{,,}}{8} - Q\,k = \frac{l_{,,}\,P_{,,}}{8} - \frac{P_{,}\,k}{2\,tg\,\varphi},$$

worin wieder $P_{,,}$ den Druck auf die freie Riegellänge $l_{,,}$, dagegen $P_{,}$ den Druck auf die ganze Riegellänge $l_{,}$ und k den Abstand der Angriffslinie des Druckes Q von der Schwerachse des Riegels in der Mitte bezeichnet. Letzterer Abstand k kann genau genug als die halbe Pfeilhöhe des äusseren Bogens angenommen werden.

Setzt man für $P_{,}$ den Werth $l_{,}\,b\,h\,\gamma$ und für $P_{,,}$ den Werth $l_{,,}\,b\,h\,\gamma$ wieder ein, und lässt die vorhin gebrauchten Bezeichnungen wieder gelten, so ist die grösste zulässige Beanspruchung $K = K_{,} + K_{,,}$

$$K = \frac{l_{,}\,b\,h\,.\,\gamma}{2\,tg\,\varphi\,.\,F} + \frac{a\,.\,l_{,,}^{2}\,b\,h\,.\,\gamma}{8\,.\,J} - \frac{a\,.\,l_{,}\,b\,h\,.\,\gamma\,.\,k}{2\,tg\,\varphi\,.\,J} \quad \ldots\ldots\ 2.$$

Sobald $k = 0$ wird, werden Gleichung 1. und 2. wieder gleich. Wenn bei eisernen Thoren die Wende- und Schlagsäule in der Längenrichtung des Thores nur sehr geringe Stärke haben, so können $l_{,}$ und $l_{,,}$ einander gleich gesetzt werden.

Bei gekrümmten Schleusenthoren, deren beide Flügel in geschlossenem Zustande eine continuirliche Cylinderfläche bilden, wird unter der Annahme, dass das Thorgewicht und der Anschlag an dem Drempel vernachlässigt werde, der Druck des äusseren Wassers gar keine Biegung des Thorflügels, sondern nur einen Tangentialdruck in demselben bewirken, welcher von der Schlagsäule bis zur Wendesäule sich völlig gleich bleibt.

Wenn nun, wie im § 15 besprochen wird, für genügende Aussteifung der cylindrischen Fläche gesorgt ist, so dass eine Verbiegung durch andere Angriffe als den Wasserdruck bei geschlossenem Thore nicht eintreten kann, so ist die nöthige Stärke des Thores in Bezug auf den Wasserdruck an jeder Stelle, bei gleicher Höhe über dem Drempelanschlag, die gleiche und einfach durch die zulässige Beanspruchung des Materiales

$$K = \frac{r\,.\,p}{F} \quad \ldots\ldots\ 3.$$

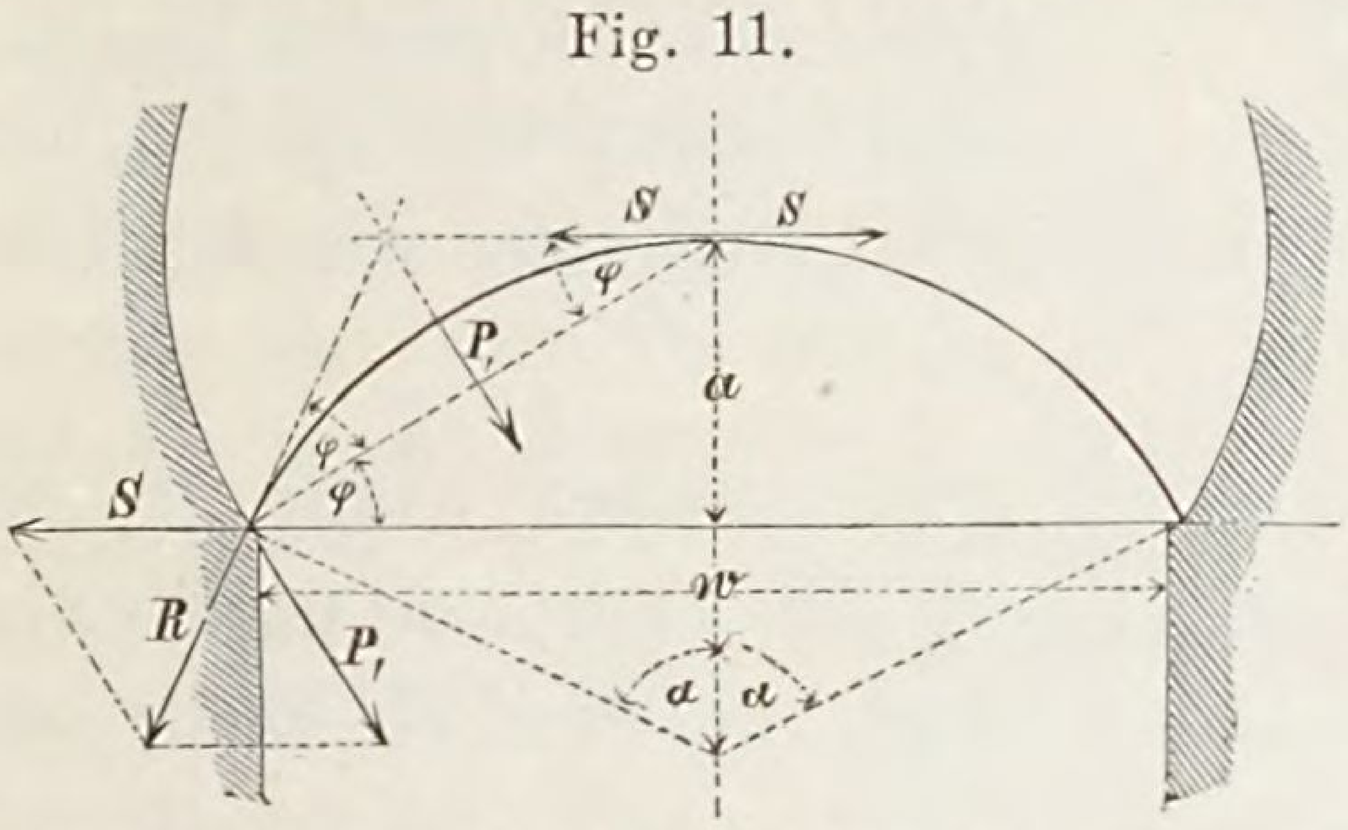
zu finden, wo F die wirksame Querschnittsgrösse eines bestimmten horizontalen Streifens bedeutet.

Da die Grösse des Tangentialdruckes, abgesehen von der gegebenen Grösse p, nur vom Halbmesser r abhängt, so liesse sich bei diesen gekrümmten Thoren weit einfacher als bei graden durch theoretische Betrachtung die zweckmässigste Form des Thores oder Drempels bestimmen, wenn nicht hier wieder die Rücksichten auf

die praktische Durchführung zugleich maassgebend wären. Es wird offenbar der Druck im Thore bei einer Halbkreisform am kleinsten; doch würde bei einem Halbmesser gleich der halben Schleusenweite und der halben Thordicke die Länge jedes Flügels am grössten, die Herstellung am schwierigsten und die Form der Thornische und des Thorkammerbodens am ungünstigsten, so dass dadurch der Gewinn an der nöthigen Querschnittsgrösse unbedingt bei weitem aufgewogen werden würde.

Wenn jedoch lediglich die Materialverwendung des Thores in Betracht gezogen wird und diese als eine Function des im Querschnitte wirkenden Druckes und der Flügellänge angesehen wird, so ergiebt sich aus $f(r) = p.r.r\alpha$, wo α den halben Centriwinkel bedeutet, nach Durchführung der Rechnung, der Winkel $\alpha = 66^0 47'$ und hiernach $r = 0{,}544.w$ als derjenige Werth von r, wobei die Materialverwendung im Thore zu einem Minimum wird. Es folgt hieraus weiter, dass dann $a:w = 0{,}3296$ oder etwa wie 1:3 sein müsste, wenn nicht mit Rücksicht auf die vorhin genannten

Fig. 11.

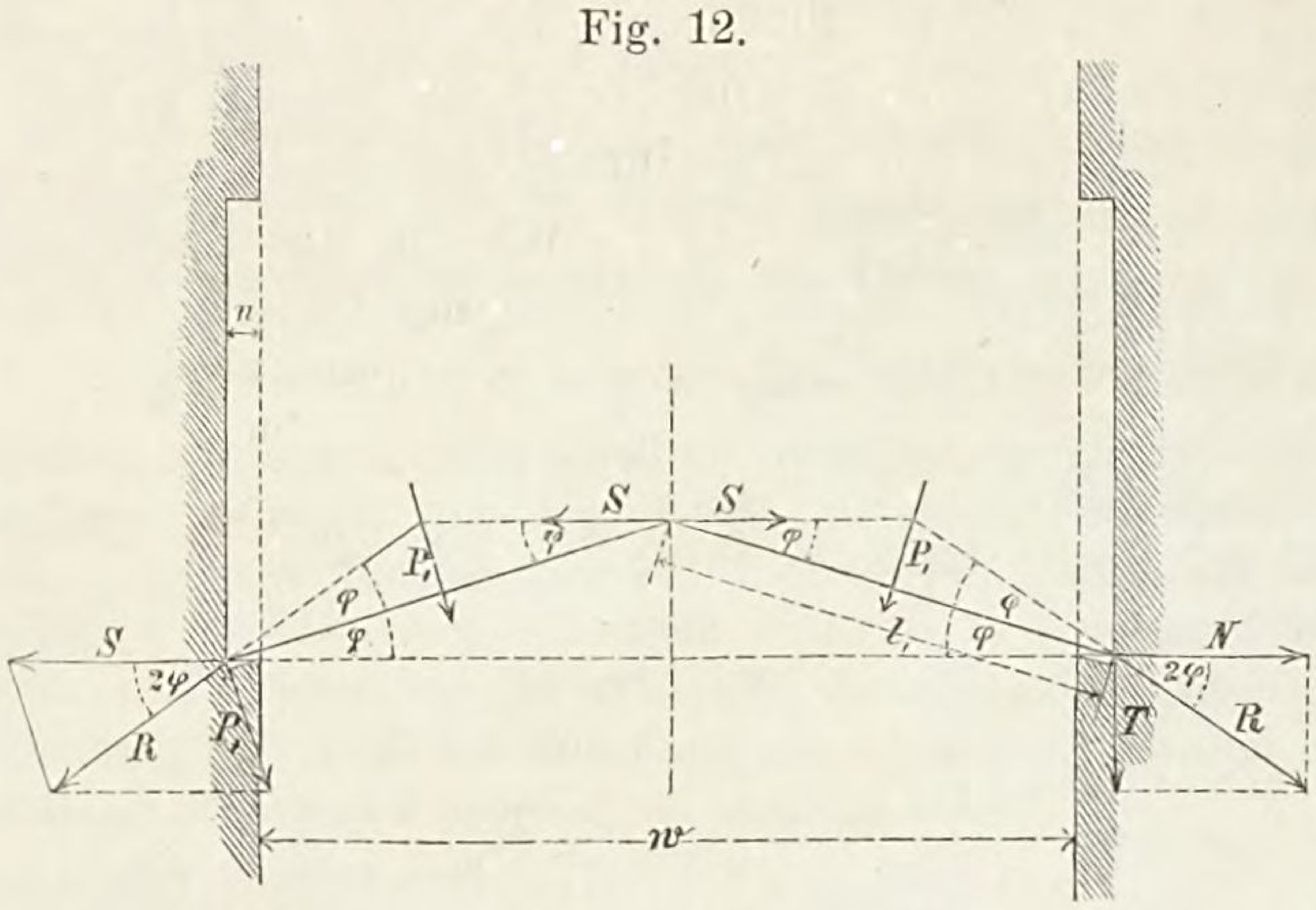


Umstände diese Pfeilhöhe weit kleiner, etwa gleich 1:5, zu nehmen wäre. Will man in einem bestimmten Falle das zweckmässigste Verhältniss ermitteln, so lässt sich für verschiedene Werthe von r das Verhältniss der verschiedenen Tangentialdrücke, sowie der danach zu wählenden Querschnitte und die Materialverwendung in Zahlen berechnen und mit den überschläglich ermittelten Kosten der verschiedenen Anordnungen der Seitenwände und des Thorkammerbodens vergleichen. Es giebt z. B. die Anwendung eines Drempelverhältnisses 1:5 gegen einen Drempel 1:4 einen Materialaufwand im Thore wie 408:345, wenn von der schwierigeren Aussteifung des stärker gekrümmten Thores abgesehen wird. Dass zur Vermeidung von Verbiegungen des geöffneten Thores die innere Fläche eines aus zwei Blechhäuten gebildeten Schwimmthores nicht parallel zur äusseren, sondern etwas weniger gekrümmt oder fast gerade genommen wird, ist im § 15 besprochen. Ueber Berechnung gekrümmter Thore vergl. Göring, Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. V.

Um den Einfluss der gekrümmten Thorform auf die Materialersparniss für grosse Schleusenthore recht zu würdigen, bedarf es der Einsetzung bestimmter Zahlenwerthe in die Gleichungen 1., 2. und 3. Lässt man auch die ganz gerade Form als die ungünstigste, also auch Gleichung 1. ganz bei Seite, so ergiebt sich bei Vergleichung zweier den Gleichungen 2. und 3. entsprechenden Thore mit gleicher Weite von $23^m{,}35$ (Weite der Geestemünder Schleuse, vergl. § 15), wenn das eine nach einer geraden Drempellinie mit einem Verhältniss der Höhe zur Basis des Drempeldreiecks wie 1:5 oder $tg\,\varphi = {}^2/_5$, einer Thordicke von $0^m{,}87$ in der Mitte und $0^m{,}58$ an den Enden, also einer Grösse für $a = 0^m{,}435$ und für $k = 0^m{,}145$, übrigens als Schwimmthor mit einer doppelten Blechwand und in je $0^m{,}87$ Höhe mit horizontalen Zwischenwänden gebildet ist, das andere dieselbe Drempelhöhe hat und demnach mit einem Radius von $16^m{,}9$ gekrümmt ist, übrigens die gleiche innere Construction besitzt, wenn ferner beide Thore mit 4^m Ueberdruck des Aussenwassers oder mit 4000^k auf 1 lauf. Meter gedrückt werden und auf einen $0^m{,}87$ hohen Streifen gleichviel Eisenmaterial von $348{,}5\,\square^{cm}$ besitzen, in dem ersten Falle nach Gleichung 2. $K = 835^k$ für $1\square^{cm}$ und im zweiten Falle nach Gleichung 3. $K = 182^k$ für $1\square^{cm}$. Bei gleichem Materialaufwand im Querschnitt würde also das gekrümmte Thor theoretisch eine mehr als 4mal grössere Sicherheit ergeben. Da indess bei obiger Rechnung von den unumgänglich nothwendigen Aussteifungen desselben abgesehen wurde, so ist in Wirklichkeit der Unterschied nicht ganz so gross. Vergl. hierüber auch Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XI. „Die Schleusenthore zu Geestemünde“.

Die vorstehenden Betrachtungen über die in dem Schleusenthore wirkenden Kräfte genügen nicht, um die Wirkung des geschlossenen Thores auf die Seitenwände der Schleuse ohne Weiteres zu bestimmen. Es seien hierzu wieder dieselben Annahmen wie vorhin gemacht, namentlich hinsichtlich der Vernachlässigung des Drempelanschlages der Thorflügel. Ferner werde abgesehen von der Verschiedenheit des Druckes in verschiedenen Höhen und es bezeichne mit Bezug auf

Fig. 12.



nebenstehende Fig. 12 bei graden Drempellinien

$$P_{,} = l_{,} p = \frac{\frac{w}{2} + n}{\cos \varphi} \cdot p$$

den auf den ganzen Thorflügel, p den auf die Längeneinheit kommenden Wasserdruck. Dieser Druck ist bei einem an der unteren Seite ganz wasserfreien Thore, z. B. bei dem um die Höhe h unter dem Oberwasser, aber trocken liegenden Drempel einer Canalschleuse $= \frac{h^2}{2} \gamma$, dagegen bei einem mit einer Wasserdifferenz $h_{,}$ und einem Unterwasser von der Höhe $h_{,,}$ gedrückten Thore $= \frac{h_1^2}{2} \gamma + h_{,} h_{,,} \gamma$.

Auf jeden Thorflügel wirken dann nur die zwei äusseren Kräfte $P_{,}$ und $S = \frac{P_{,}}{2 \sin \varphi}$. Beide Kräfte parallel zu sich selbst nach dem Stützpunkt der Wendenische versetzt (siehe die linke Seite der Figur) bilden ein Parallelogramm mit der Resultante:

$$R = \sqrt{S^2 + P_1^2 + 2 S P_1 \cos (90 + \varphi)} = \sqrt{S^2 + P_1^2 - 2 S P_1 \sin \varphi} = S \quad . \; . \; . \; . \; 4$$

Das heisst: die auf die Wendenische wirkende Resultante ist gleich dem rechtwinklig. zur Schleusenachse wirkenden Thorschub S. Es kommt also wegen der Mitwirkung der Kraft P nicht die ganze Kraft S als rechtwinklig zur Schleusenachse gerichteter Druck auf die Seitenwand, sondern nur ein der Grösse des Winkels φ entsprechender Theil. Denn (s. die linke Seite der Figur) die Kraft R muss, wenn sie gleich S ist, mit der Richtung des Thorflügels ebenfalls wie die Kraft S den Winkel φ und mit der Drempelbasis den Winkel 2φ und endlich mit der Schleusenachse den Winkel $90 - 2\varphi$ bilden. Wird dann R rechtwinklig und parallel zur Schleusenachse zerlegt (s. die rechte Seite der Figur) so ist, weil

$$R = S = \frac{P_{,}}{2 \sin \varphi} \quad \text{und weil} \quad \frac{\left(\frac{w}{2} + n\right)}{\cos \varphi} \cdot \frac{P_{,}}{2 \sin \varphi} = \frac{\left(\frac{w}{2} + n\right) P_{,}}{\sin 2 \varphi},$$

$$N = R \cos 2\varphi = S \cos 2\varphi = \frac{\left(\frac{w}{2} + n\right) P_{,}}{tg\, 2 \varphi} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 5.$$

$$T = R \sin 2\varphi = S \sin 2\varphi = \left(\frac{w}{2} + n\right) . P_{,} = P_{,} \cos \varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; 6.$$

Wird der Winkel $\varphi = 45^0$, so wird R und S ein Minimum und $N = 0$. Dagegen werden aber die auf den Thorflügel selbst wirkenden Kräfte mit der Vergrösserung seiner Länge sehr gross. Wird der Winkel $\varphi = 22{,}5^0$ oder $2\varphi = 45^0$, so wird $N = T$, oder so lange $\varphi < 22{,}5^0$ ist auch $T < N$, wird $\varphi > 22{,}5^0$, so wird auch $T > N$.

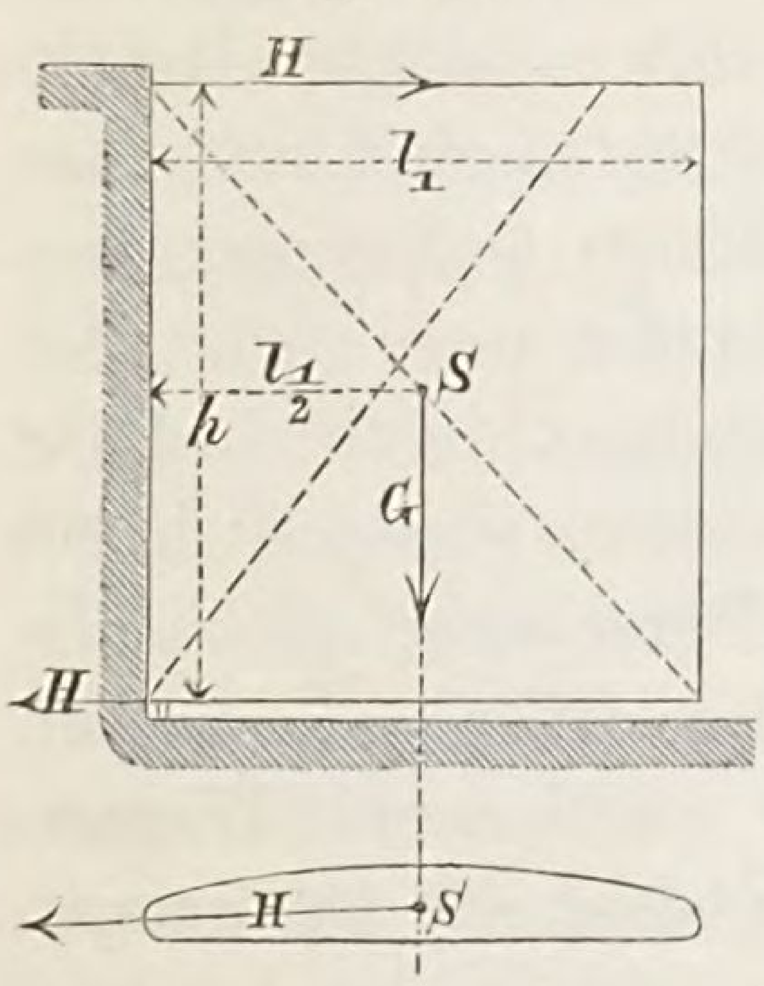
Wenn nun auch in den meisten Fällen, namentlich bei massiven Seitenwänden, N und T mit reichlicher Sicherheit aufgenommen werden, so ist bei einem grossen Winkel φ die gegen den vortretenden Theil der Wendenische gerichtete Kraft $P_{,}$ noch besonders zu berücksichtigen. Offenbar wird diese für das Abspringen jenes Theiles der Wendenische, namentlich bei heftigem Zuschlagen der Thorflügel um so gefährlicher, je grösser φ ist.

Aus den Gesammtverhältnissen der auf die Seitenwände einschliesslich der Wendenische sowie der in dem Thorflügel selbst wirkenden Kräfte, den günstigsten Winkel φ zu berechnen, hat practisch keinen Werth, weil die Verschiedenheit der Materialien dabei zu sehr mitspricht. Um die Thorflügel nicht erheblich grösser als die halbe Schleusenweite zu bekommen und. die erwähnte Gefahr für die Wendenische zu vermeiden, dagegen die in dem Thore wirkende Kraft $Q = \frac{P_{,}}{2\,tg\,\varphi}$ nicht zu gross werden zu lassen, empfiehlt es sich, den Werth von $tg\,\varphi$ nicht grösser als 0,4, nicht kleiner als 0,2, sondern etwa = 0,33 zu nehmen, d. h. die sog. Drempelhöhe gleich $^1/_6$ der Schleusenweite zu machen.

Für gekrümmte Thore mit einheitlicher Cylinderfläche ergiebt sich nach Fig. 11 S. 883 und der obigen Betrachtung über die im Thore wirkenden Kräfte, für die Resultante R oder den Gesammtdruck auf die Wendenische dasselbe Verhältniss zu der Kraft S und den Druck auf einen Thorflügel $P_{,}$, welcher hinsichtlich des Druckes in der Wendenische in Rechnung zu ziehen ist. Es ist dies offenbar nur der rechtwinklig zur Sehne des Bogens eines Thorflügels oder der auf die in dieser Richtung genommene Projection kommende Druck, welcher völlig gleich ist dem Drucke auf einen graden in der Richtung dieser Sehne liegenden Thorflügel. Es ist also der resultirende Druck R oder der Tangentialdruck S bei dem gekrümmten Thore völlig gleich den gleichnamigen Grössen bei einem gradlinigen Thore, dessen Flügel die Sehnen des gekrümmten Thores bilden. Der Tangentialdruck R an der Wendesäule bildet, da er gleich dem Tangentialdruck S an der Schlagsäule ist, mit der Sehne des Bogens eines Flügels denselben Winkel φ, welchen auch diese Sehne mit der Sehne des ganzen Thorbogens bildet oder welchen bei dem gradlinigen Thore die beiden Drempellinien mit der Drempelbasis bilden würden. Weitere interessante Vergleiche der beiden Thorformen in dieser Hinsicht ergeben sich von selbst.

Nach diesen Betrachtungen über das geschlossene Thor ist endlich noch das Verhalten des geöffneten Thores für seine eigene Construction und für seine Befestigung an den Wänden und dem Boden der Schleuse zu untersuchen. Nach nebenstehender Fig. 13 und unter der in den meisten Fällen genügenden, ausnahmsweise jedoch leicht zu corrigirenden Annahme, dass der Schwerpunkt in der halben Breite des Flügels liege, wirken in dem Thore zwei Kräftepaare $Hh = G\frac{l}{2}$, wobei G das Gewicht des Thorflügels ausdrückt. Wenn dabei die Wendesäule als genügend befestigt gedacht wird, so sind also die oberhalb des Schwerpunktes liegenden Theile des Thores mit der Kraft $H = \frac{G\,l}{2\,h}$ bestrebt, sich von der Wendesäule loszureissen. Hiergegen sind die betreffenden Beschläge oder sonstigen Verbindungen besonders sicher zu machen. Das auf

Fig. 13.



die Versackung des Thores wirkende Paar $G\frac{l}{2}$ muss entweder durch die Steifigkeit der ganzen Thorfläche oder durch die mit punktirten Linien angedeuteten Streben oder Zugbänder (s. § 14) unschädlich gemacht werden, wofür nach Bestimmung der Winkel, welche diese Constructionstheile mit der Verticalen machen, der auf dieselben kommende Druck bezw. Zug leicht zu berechnen ist. Für die Befestigungspunkte des Thorflügels ergiebt sich einfach die gleiche, aber entgegengesetzt wirkende Kraft $H = \frac{G\,l}{2\,h}$, welche den oberen Zapfen abzubrechen und das Halsband und dessen

Verankerung zu zerreissen, den unteren Zapfen aber entweder ebenfalls abzubrechen oder mit seiner Zapfenplatte in die Wand zu schieben sucht. Es ist dabei vorzüglich zu beachten, dass diese Kraftwirkungen nicht eine einzige Richtung haben, sondern je nach der Stellung des geöffneten Thorflügels innerhalb des ganzen Drehwinkels wechseln können.

Bei Schwimmthoren, bei denen der Auftrieb grösser als das Gewicht werden kann, muss innerhalb gewisser Grenzen die ganze vorstehende Berechnung umgekehrt werden. Bei gekrümmten Thoren, bei denen der Schwerpunkt ausserhalb des Thorkörpers selbst liegt, wird darauf zu achten sein, dass die Horizontalkraft H, welche im Grundrisse des Thores durch die Projection der Drehachse und des Schwerpunktes geht, keine Verbiegung der krummen Thorfläche bewirkt. Es muss also gegen die das Oberrahmstück streckende, das Unterrahmstück zusammenbiegende Kraft H die nöthige Steifigkeit gegeben werden. Endlich werden die Befestigungstheile des Thores in dem Falle, dass der obere Zapfen nicht in der oberen Kante liegt, besonders vorsichtig zu berechnen sein, weil dabei h um so kleiner, H um so grösser wird.

Ueber die Widerstände gegen die Bewegung der Thore lassen sich höchst interessante theoretische Betrachtungen anstellen, die jedoch, wie im § 18 ausführlicher nachgewiesen, wenig praktische Bedeutung haben. Es mag deshalb hier auf die dort besprochenen Erscheinungen und Einrichtungen Bezug genommen werden.

Für das gewöhnliche Füllen und Leeren der Schleusenkammer ergiebt sich sofort:

$$T = \frac{A \cdot h}{\mu \cdot A_{,} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2 g h}} = \frac{2 A \cdot \sqrt{h}}{\mu A_{,} \sqrt{2 g}}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 7.$$

wenn T die Zeit zur Füllung oder Leerung, bei einer anfänglichen und schliesslich zu Null werdenden Druckhöhe h, oder mit einer von $\sqrt{2 g h}$ bis zu Null gleichmässig abnehmenden theoretischen Ausflussgeschwindigkeit, bezeichnet, und A die Oberfläche der Kammer, $A_{,}$ den Querschnitt der Schütz- oder Umlauf-Oeffnungen und μ den Ausflusscoefficienten (etwa $= 0{,}62$) bedeuten. Diese Zeit ist offenbar doppelt so gross, als sie für die Füllung oder Leerung der Kammer bei einer constanten Druckhöhe h sein würde. Es ist danach, unter Annahme einer bestimmten Zeit für diese Operationen und bei gegebenen Grössen für A und h, die nöthige Oeffnungsgrösse für die Schützen oder Umläufe zu bestimmen. Bei langen Umläufen würde statt der Ausflussgeschwindigkeit aus dünner Wand richtiger die des Ausflusses durch ein Rohr von dem Querschnitt $A_{,}$ und der gegebenen Länge einzusetzen sein, was jedoch bei kurzen Umläufen keinen merklichen Unterschied gegen obige Berechnung giebt. Es ist ferner angenommen, dass die Druckhöhe h die volle Spiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser ist, dass also nicht etwa zeitweilig der ausfliessende Wasserstrahl zum Theil in der freien Luft liegt, mit anderen Worten, dass die Oeffnungen unter dem Unterwasser sich befinden.

Hinsichtlich der weit complicirteren theoretischen Betrachtungen, welche für die Berechnung aller einzelnen Umstände anzustellen sind, wenn wie nach § 20 die lebendige Kraft des zum Fliessen gebrachten Oberwassers oder des Wassers der Kammer benutzt werden soll um eine Erhöhung oder Erniedrigung im Spiegel des zeitweiligen Recipienten oder bezw. des abfliessenden Behälters im Vergleich zu der betreffenden hydrostatischen Spiegelhöhe zu erzeugen, muss auf die sehr eingehenden Untersuchungen von Lagrené in dessen Cours de navigation intérieure, Bd. III, S. 128 und folgende, verwiesen werden.

§ 8. Hölzerne Böden. Wenn nur zwischen hölzernen und steinernen Böden unterschieden wird, so müssen zu ersteren auch solche Böden gerechnet werden, die nicht ausschliesslich aus Holz bestehen, sondern in untergeordneter Weise auch andere Materialien wie Stein, Thon u. s. w. enthalten. Die Unterscheidung muss davon ausgehen, ob die wesentlichsten Constructionstheile Holz oder Stein sind. In diesem Sinne können also die mit Steinen zwischen bereits festliegenden Balken ausgemauerten Böden als hölzerne angesehen werden, wogegen gewölbte Böden, die auf einem Pfahlrost ruhen, zu den steinernen zu rechnen sind. Es ist alsdann zwischen dem eigentlichen Boden und dem Fundament zu unterscheiden, welche Unterscheidung übrigens in den meisten Fällen sowohl bei hölzernen als auch bei steinernen Böden nicht durchzuführen ist, weil jene Theile völlig in einander übergehen oder oft eins sind.

Unter Bezugnahme auf § 5 sei die Anwendung der hölzernen Böden kurz gefasst auf folgende Fälle beschränkt: bei Gründung des ganzen Bauwerks auf Pfahlrost insbesondere bei sehr tief liegendem festen Untergrund; wenn nicht mit unverhältnissmässiger Schwierigkeit das Wasser aus der Baugrube zu schöpfen ist; wenn die Schleuse nicht sehr gross (etwa über 15^{m} weit) ist, und wenn endlich das geeignete Holz zu mässigem Preise zu haben ist. Unter diesen Umständen wird der Holzboden meistens billiger als jede andere Construction von Steinmaterial sein und sich hinreichend lange erhalten, wenn er gut ausgeführt und keinen besonderen gewaltsamen Angriffen ausgesetzt ist. Hierhin würde z. B. das im flachen Wasser wohl vorkommende missbräuchliche Einsetzen von Schiffshaken zum Fortschieben der Schiffe, ferner auch heftiger Durchfluss von Wasser, namentlich von sandhaltigem u. s. w. zu rechnen sein. Es sind dem letzteren Angriffe freilich vorzugsweise nur die Spülschleusen, ähnlich den Deichsielen, ausgesetzt. Unter günstigen Umständen jedoch haben sich über 200 Jahre alte hölzerne Schleusenböden völlig unversehrt gezeigt. Die grösste Gefahr für jeden hölzernen Boden besteht in einer mangelhaften Ausführung hinsichtlich der Dichtigkeit. Wenn bei starkem Wasserdruck anfänglich noch sehr kleine Undichtigkeiten fortwährend einen heftigen Durchzug des Wassers veranlassen, welcher sich zuweilen in Form kleiner lebhaft springender Strahlen zeigt, häufiger jedoch verborgen bleibt, so wird schon nach einigen Jahren das die Wandungen des Wasserstrahls bildende Holz stark angenagt und endlich in der Nähe der Undichtigkeit ganz zerfressen. So sieht man z. B. wohl nach Abbruch alter oder schlecht gebauter Stauwerke und Schleusenböden gewisse der Undichtigkeit vorzüglich ausgesetzte Holzstücke, z. B. die oberen Theile der Spundbohlen, völlig zerstört und verschwunden. Dass in solchen Fällen das ganze übrige Bauwerk baufällig werden muss, liegt sehr nahe. Es ist zweifellos, dass ein gut gearbeiteter Holzboden sich doppelt und dreifach so lange hält, als ein übrigens gleicher und nur in der Dichtigkeit mangelhaft ausgeführter.

Die wesentlichsten Theile eines gut construirten hölzernen Bodens, unter Annahme eines Pfahlrostes haben folgende Aufgaben zu erfüllen. Die Pfähle des Pfahlrostes sollen nicht allein die Seitenwände, namentlich bei steinernen, absolut sicher tragen und eine Verschiebung durch den oft grossen seitlichen Erddruck verhindern, sondern sie sollen auch in den meisten Fällen den eigentlichen Boden gegen den Auftrieb des Wassers sicher niederhalten. Sie müssen also zu beiden Zwecken recht fest stehen, und für den letzteren noch besonders sorgfältig mit dem Boden verbunden werden. Der auf den Pfählen ruhende Rost nebst dem Belag von Bohlen muss eine völlig wasserdichte und dabei nach den verschiedenen Richtungen sehr

fest zusammengefügte Fläche bilden. Eine Undichtigkeit würde sehr bald die vorhin erwähnte Zerstörung einleiten. Ein loses Zusammenhalten würde dagegen bei den sehr verschiedenen Gleichgewichtslagen der Schleuse und ihrer einzelnen Theile unter bald hohem bald niedrigem Wasser unfehlbar Bewegungen erzeugen, welche mindestens die Dichtigkeit in Gefahr brächten. Damit der zu dem Rost gehörende frei liegende Boden und besonders der Bohlenbelag nicht bei starkem Wasserdruck gehoben werde, wird über den dem Auftrieb dauernd oder zeitweilig ausgesetzten Theilen eine Verstärkung durch einen sog. doppelten Boden oder durch eine Anzahl quer durch die Schleuse bis unter die Wände greifender Balken angebracht. Aehnlich wie diese Balken liegen auch die zum Drempel gehörenden Hölzer über dem Rostbelag, halten denselben mit nieder, müssen also weil sie direct von dem Druck der Thore und bei etwaigem undichten Anschlusse an den Rostbelag auch von dem Auftrieb voll getroffen werden, ganz besonders stark und mit dem Roste selbst ebenso verbunden sein.

Endlich gehören zum Boden die Spundwände. Diese bilden bei allen Schleusenböden, vorzüglich aber bei den hölzernen einen überaus wichtigen Theil und haben im Allgemeinen dieselbe Bedeutung bei Schleusen wie bei Wehren. Sie sollen verhüten, dass der zeitweilig oder dauernd vorhandene Ueberdruck des Wassers von der einen nach der andern Seite des Bauwerks unter demselben sich einen Weg suche. Auch hier gilt das von der Dichtigkeit des Bodens Gesagte. Die kleinste Undichtigkeit greift immer weiter um sich, sowohl in dem Erdboden unter der Schleuse als in der Spundwand selbst. Es bilden sich förmliche Canäle aus, deren Vorhandensein im Unterwasser sehr oft sich durch aufquellende Bewegung verräth. Durch deren Wirkung wird der Boden unterwaschen und sowohl direct angegriffen als auch wegen völligerer Benetzung mit Druckwasser einem weit höheren Wasserdruck als ein mit dichten Spundwänden versehener und gut unterfüllter Boden ausgesetzt. Es verringert sich also die Festigkeit und vermehrt sich der Angriff. Es müssen desshalb die Bohlen der Spundwände mit grösster Sorgfalt hergestellt und geschlagen sein, nicht minder aber dichtschliessend mit der Unterseite des Schleusenbodens verbunden werden. Da nun eine einzelne Spundwand schwerlich absolut dicht hält, und da andererseits auch der Boden nicht ebenso dicht betrachtet werden darf, so ist es Regel unter jedem Drempel und ausserdem mindestens an den Enden der Schleuse eine Spundwand quer durch die ganze Breite der Schleuse anzubringen. Bei sehr langen Schleusen wird sogar an geeigneten Stellen noch eine weitere hinzugefügt, sowie man anderseits neben den Drempeln unter Umständen, z. B. bei hölzernen Wänden, die Spundwände auch seitwärts als sog. Flügelspundwände hinaufzieht.

Längsspundwände bei hölzernen Böden zu schlagen hat im Vergleich zu den Querspundwänden kaum einen erkennbaren Sinn, wenn sie nicht etwa zur bequemeren und unschädlicheren Wasserschöpfung bei grosser Tiefe oder stark quelligem, triebsandigem Boden dienen sollen. Sie vermindern alsdann das Aufquellen in der Baugrube und das etwaige Einrutschen der Ufer derselben.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Construction der hölzernen Böden im Einzelnen sei auf die auf Taf. XLIX und LVI enthaltenen Figuren Bezug genommen. Ausserdem dürfte eine Vergleichung mit den zu Cap. XIII gehörenden Taf. XL, XLI und XLII, insbesondere für die Construction kleiner Schleusen zu empfehlen sein. Die für Deichschleusen angewandten Böden werden mit besonderer Berücksichtigung des Auftriebs und der Abnutzung durch die Wasserbewegung construirt. Im Uebrigen aber

sind die im Cap. XIII mitgetheilten Constructionen derselben als Ergänzung dieses Capitels anzusehen. Da die hölzernen Seitenwände durch ihren eigenen Reibungswiderstand und den der Verankerungen, die steinernen durch ihr Gewicht den Boden der Schleuse an den Seiten nahezu absolut sicher niederhalten, so wird zweckmässiger Weise allgemein der Boden so zu construiren sein, dass seine stärksten Hölzer quer zur Schleusenachse liegen. Da ferner bei grösseren Schleusen als den gewöhnlichen Canalschleusen, also bei Weiten von über 10^{m}, und bei dem Wasserdruck von mehreren Metern diese Balken, um nicht zu grosse Stärke zu erhalten, nahe bei einander liegen müssen, so ergiebt sich die aus Fig. 2 und 3, Taf. XLIX besonders deutlich hervorgehende Anordnung der Rostpfähle und der Rostholme oder der sog. Klai- oder Grundbalken. Die Querreihen der Rostpfähle und die Grundbalken liegen hier desto näher, je stärker und häufiger der Auftrieb durch den Wasserdruck werden kann; am nächsten also unter dem Hinterboden hinter dem Drempel, wo bei geschlossenem Thore jedesmal bei einer hohen Sturmfluth ein Druck von reichlich 3^{m} wahrscheinlich wird; weniger dicht liegen sie unter dem Thorkammerboden, unter dem nur bei etwaigen Abdammungen mittelst der Dammfalze, für gewöhnlich dagegen gar kein Auftrieb eintritt. Da jedoch derartige Abdammungen selten und wohl nur in günstiger Jahreszeit vorkommen, so ist dem zwar noch etwas höheren Wasserdruck, 3^{m},73 bei ordinärer Fluth, nicht dieselbe Bedeutung als dem häufig eintretenden beigelegt. Da der Boden der Vorschleuse nur dann einen stärkeren Auftrieb bekommen könnte, wenn unmittelbar vor demselben ausserhalb der Schleuse eine Abdammung angebracht würde, dieses aber als unpraktisch nicht wahrscheinlich ist und da bei einer weiter nach Aussen angebrachten Abdammung der Auftrieb durch die nur zum Theil mit Steinen gedeckte Sohle des Vorhafens unschädlich gemacht wurde, so hat der Boden der Vorschleuse nur sehr weit von einander stehende Pfähle und nur so viel Grundbalken erhalten, dass der Bohlenbelag sicher aufgebracht werden konnte. Um den durch den Deich möglicherweise entstehenden Horizontalschub auf die Flügelmauern und deren eigene Last sicher aufzunehmen, sind zwischen den Pfahlreihen des Vorbodens für die Mauern noch Pfahlreihen mit kurzen Grundbalken eingeschaltet und die äusseren Pfähle schräg geschlagen.

Um die Drempelhölzer mit starken Bolzen sicher an dem Rost befestigen zu können, ist die Anzahl der Grundbalken und Pfähle unter den Drempeln der grossen Papenburger Schleuse, sowie auch der dortigen kleinen Binnenschleuse (siehe Fig. 3, 9, 13 und 15) vermehrt, so dass eine genügende Zahl Bolzen angebracht werden konnte. In ähnlicher Weise ist nach Fig. 2 und 10 auch für die Unterstützung des Thorzapfens nur ein starker Eichenklotz auf einigen Pfählen zwischen die betreffenden Grundbalken eingeschaltet.

Die Spundwände werden unter den Drempeln womöglich zwischen zwei dicht nebeneinander liegenden Pfahlreihen und deren Grundbalken angebracht, wobei in der Ausführung immer erst die Spundbohlen einzuschlagen sind um nicht durch etwaige schiefe oder krumme Pfähle in ihrem dichten Schluss beeinträchtigt zu werden. Man kann jedoch zweckmässigerweise etwa an den Enden der Wand die betreffenden Pfähle einrammen, die Grundbalken auf diesen vorläufig verzapfen und als Zwingen für die Wand benutzen. Nach definitiver Legung der benachbarten beiderseitigen Grundbalken sind dieselben stets durch Schraubenbolzen fest gegeneinander zu ziehen, weil dadurch die Wand noch etwas begradigt und in ihrem oberen wichtigsten, aber auch gefährdetsten Theile einen möglichst dichten Anschluss an die andern Theile des

Bodens erhält. Um diesen Anschluss absolut dicht zu machen, werden von oben in alle erkennbare Fugen schlanke Holzkeile getrieben. Die nur an einer Seite einen Grundbalken berührenden Wände werden ähnlich wenigstens mit jenem, womöglich auch mittelst einer an der anderen Seite liegenden Gurte durch Schraubbolzen und Keile gedichtet. Um die Spundwände möglichst dicht mit dem Bohlenbelage zu verbinden, wird auf ihnen ein wenn auch niedriger, 1 bis 2^{cm} hoher, fortlaufender Zapfen, und an der Unterseite der Bohlen eine dichtschliessende Nut oder Rille ausgearbeitet. Nach Aussen frei liegende Wände müssen eine Gurte, die als Holm zum Theil aufliegen kann, erhalten (siehe Fig. 7). Im Uebrigen muss die Anordnung und Herrichtung guter Spundwände als bekannt angenommen werden.

Die Klai- oder Grundbalken werden sowohl gegen das Tragen einer oberen Last als auch gegen den Auftrieb des Wassers als hochkantige Balken etwa wie 3:4 in der Breite und Höhe, z. B. 24 auf 32^{cm} stark, genommen und wenn sie nicht aus einer quer durch die ganze Schleusenbreite reichenden Länge zu erhalten sind, mit möglichst verwechselten, dabei die Schleusenmitte vermeidenden stumpfen Stössen aufgebracht. Die immer auf einen Pfahl treffenden Stösse sind aber unbedingt durch eine oder besser zwei seitliche Eisenschienen thunlichst unschädlich zu machen. Wenn der Auftrieb sehr zu fürchten ist, so erscheint die Anwendung verkeilter Zapfen oder Pfahl und Balken verbindender Schienen gut. Die verdeckt verkeilten Zapfen sind aber schwierig herzustellen und zu controlliren, wesshalb die offen verkeilten sicherer erscheinen. Die Pfähle einer Hauptreihe in zwei zusammengehörende Reihen zu versetzen und die Grundbalken dazwischen zu legen, wie dies namentlich bei Abschussböden von Wehren früher häufiger geschah und z. B. auch bei der in Fig. 9, Taf. L zum Theil dargestsellten Schleuse in dem Weichsel-Haff-Canal bei Rothebude geschehen ist, kann für Schleusen nicht empfohlen werden.

Wie schon oben erwähnt, setzen sich die Grundbalken der Haupttheile des Schleusenbodens auch unter den Seitenmauern fort, weil dadurch der Boden an Stärke gegen Auftrieb und an Zusammenhang gegen Zerreissen gewinnt. Es ist dabei anzustreben, dass die Entfernungen für den einen wie für den andern Theil weder zu gross noch zu klein werden. Wenn der Boden noch mit dem sog. Doppelboden verstärkt wird, so kann durch das Maass desselben die Stärke und Entfernung der Grundbalken genügend ergänzt werden. Ueber die Berechnung vergl. § 7.

Nach Aufbringung der Grundbalken sind in möglichst rechtwinkliger Kreuzung darüber zunächst die Zangen oder sog. Sandstraken aufzubringen. Dieselben sind schon bei jedem gewöhnlichen Roste von grösserer Ausdehnung zur Vermeidung von Verschiebung nöthig; bei Schleusen aber noch besonders an den Flügeln, die bei hohen und zeitweilig durchweichten Deichböschungen oft sehr bedeutenden Horizontalschub zu ertragen haben und alsdann bei nicht genügender Verbindung im Roste abreissen. Wo die Zangen unter dem Mauerwerk liegen und besonders starken Zug zu ertragen haben, kann und muss man sie so stark nehmen, dass sie etwa um 1 oder 2 Backsteinstärken über dem Rostbelag vortreten, während sie unter Spannbalken liegend mit dem Rostbelag bündig sein müssen und nur etwa wie die doppelte Bohlendicke stark sein können. Vergl. Fig. 4, Taf. XLIX.

Ausser für den Zusammenhang der Rostfläche sind aber auch die Zangen für den eigentlichen Schleusenboden unentbehrlich, um den Bohlenbelag wasserdicht aufzubringen. Es werden dazu erst die Zangen sehr genau mit Verkämmung und Spitzbolzen auf den Grundbalken befestigt, dann die vorher sorgfältig an ihren

schmalen Seiten oder Kanten grade und glatt gehobelten Bohlen, mit Ausnahme einer derselben, in den etwa $1^{m},5$ betragenden Zwischenraum je zweier benachbarten Zangen gelegt, kräftig durch Keile von einer Zange aus nach der anderen hingetrieben, und mit starken Nägeln auf den Grundbalken befestigt. Der vorläufig durch die Keile offen gehaltene Zwischenraum wird dann durch die letzte, sorgfältig in ihrer Breite abgemessene und schwachkeilig in den Kanten behobelte Bohle nach Wegnahme der Keile geschlossen, wobei diese Bohle mit Handrammen in den Zwischenraum eingetrieben werden muss. Ein so aufgebrachter Bohlenbelag wird sich auch bei dem stärksten Wasserdruck völlig dicht zeigen. Die Bohlen werden felderweis so gelegt, dass alle Stösse eines Feldes auf einen Grundbalken treffen und dass daneben in einer möglichst grossen Entfernung kein Stoss wieder vorkommt. An den Stössen müssen die einzelnen Bohlen des neu zu legenden Feldes erst stark gegen die des bereits liegenden angetrieben und wie diese genau gerade geschnitten und besonders stark befestigt werden. Um eine gute Dichtung des Bohlenbelags zu erhalten, bedarf derselbe einer über das gewöhnliche Maass der Rostbohlen hinausgehenden Stärke von etwa 10^{cm} und einer sorgfältigen Ausscheidung aller etwas schadhaften, z. B. rissigen Bohlen, welche sonst ohne Nachtheil zu einem Roste verwendet werden könnten.

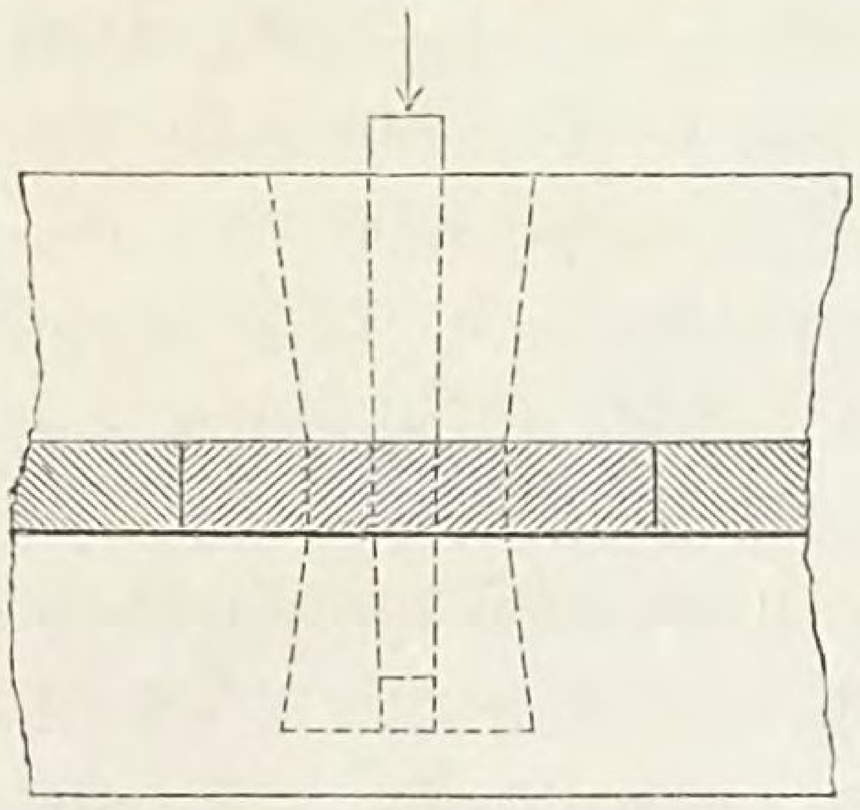
Eine nicht unwesentliche Verstärkung der Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit gewinnt jeder Holzboden, wenn das unter ihm befindliche Erdreich sich absolut dicht an ihn anschliesst. Man verstärkt dadurch ferner erheblich die Wirkung der Spundwände und erreicht, dass der Holzboden bei Weitem nicht in der ganzen Fläche von unten benetzt, also auch nicht von dem vollen Wasserdruck getroffen wird. Da nun der Pfahlrost vorzüglich nur bei sehr schlechtem Untergrunde, wie Moor, Darg u. s. w. gebraucht wird und es bei diesen Erdarten ebenso wenig wie auch bei Sand möglich ist eine dichte und feste Erdschicht unter dem Roste herzustellen, so wird es fast stets erforderlich sein, hierzu fetten und feuchten Thon zu verwenden, wie dies z. B. nach Fig. 9 u. 10, Taf. XLIX bei der Papenburger Schleuse geschehen ist. Nach Wegräumung der oberen ursprünglichen Erdschicht zwischen den Pfählen in etwa $0^{m},6$ bis $0^{m},8$ Höhe wurde dort der Thon eingebracht und vor der Aufbringung des Bohlenbelags nochmals so stark wie möglich eingestampft, bis er überall etwas über den Oberkanten der Grundschwellen vortrat, jedoch ohne diese zu bedecken. Jede einzelne Bohle schob den übertretenden Thon etwas zur Seite und die letzte eingerammte Bohle quetschte ihn sogar aus dem offenen seitlichen Bohlenfelde hervor. Es war dadurch die Ausfüllung unter dem Boden ohne jede Lücke geblieben. Dies Verfahren dürfte namentlich gegenüber dem bei anderen Schleusen wohl angewandten Ausmauern der Zwischenräume zwischen Pfählen und Grundbalken mit wirklichem Mauerwerk den Vorzug verdienen, weil hierdurch in keiner Weise ein ähnlich dichter Anschluss zu erzielen ist.

Nachdem so der einfache Boden dicht und mit Ausnahme unter den Seitenmauern, wo die höheren Zangen vortreten, eben hergestellt ist, werden die Spannbalken zur Verstärkung des Bodens und die Drempel mit ihren verschiedenen Hölzern aufgebracht.

Die Spannbalken sind nur in den dem Auftriebe besonders ausgesetzten Bodentheile erforderlich, sie liegen, wie die verschiedenen Beispiele auf Taf. XLIX und LVI zeigen, genau über den Grundbalken, greifen etwa $0^{m},6$ unter die Seitenmauern und wirken schon dadurch als eingemauerte Balken sehr kräftig gegen das

etwaige Auftreiben der Bohlen. Um aber die vorhandenen Grundbalken und die mit diesen verbundenen Pfähle ebenfalls gegen den Auftrieb des Wassers möglichst auszunutzen, werden Spannbalken und Grundbalken noch mit einander verbunden. Hierzu dienen, da Schraubbolzen begreiflicherweise nicht gut anzubringen sind, kräftige Spitzbolzen, die fast durch beide Hölzer reichen und ohne Zweifel bei etwa 1 bis $1^m,5$ Entfernung und solider Arbeit hinreichen würden, um beide Balken gegen Biegung nach oben wie einen erscheinen zu lassen. Es ist aber ausserdem die sinnreiche Verbindung mit sog. Schlüsselkeilen sehr beliebt. Dieselbe besteht nach nebenstehender Figur 14 aus drei Theilen, wovon der mittlere nach Einsetzung der zwei anderen zuletzt eingetrieben wird. Die kleinste gesammte Querschnittsfläche der 3 Stücke leistet bei guter Arbeit wie ein einziges Stück Widerstand gegen Zerreissen. Werden etwa in 2 bis 3^m Entfernung solche Schlüsselkeile und dazwischen noch einige Spitzbolzen angebracht, so darf wohl Spannbalken und Grundbalken als ein Balken betrachtet werden. Um dann genügend sicher zu rechnen, ist bei massiven Seitenwänden der Widerstand der Pfähle gegen Ausziehen ganz oder theilweise zu vernachlässigen, dagegen der aus Spannbalken und Grundbalken bestehende Balken als ein eingespannter anzusehen. Bei hölzernen Schleusen dagegen trifft letztere Anschauung nicht zu; ausserdem sind die Spannbalken dort auch oft kaum anzubringen und weniger nöthig, weil solche Schleusen nur bei geringem Wasserdruck zweckmässig sind. Es ist für sie vor allen Dingen eine gute Verbindung der Grundbalken mit den Pfählen nöthig und alsdann der Widerstand der Pfähle voll mit in Rechnung zu ziehen (vergl. § 7).

Fig. 14.



Zwischen den einzelnen Spannbalken pflegt stets eine Ausmauerung mit Backsteinen und zwar am besten mit Klinkern angebracht zu werden. Diese soll weniger dem Boden eine grössere Dichtigkeit, als vielmehr grössere Schwere, und besonders Schutz für alles Holzwerk verleihen. Wenn der darunter befindliche Bohlenbelag nicht dicht sein sollte, so würden die hindurchtretenden Quellen sofort bei der Ausmauerung sich in dem frischen Mörtel ihren Weg suchen und diesen mit der Zeit unfehlbar vergrössern. Der Schutz des Holzwerks, besonders des Bohlenbelags gegen zufällige Angriffe von Oben ist aber sehr nützlich. Bei etwa zum Spülen oder für Entwässerung eingerichteten Schleusen, wie z. B. der Papenburger Schleuse, welche circa 12000^{Ha} Land entwässert, und endlich selbst mit Rücksicht auf das Austreten des durch Thorschütze oder Umläufe tretenden Wassers ist aber eine ebene Oberfläche durchaus nothwendig zur Erzielung eines ruhigen Abflusses. Etwaige Wirbel würden ausserdem das Holz noch stärker angreifen, als das glatt fliessende Wasser es ohnehin thut. Um dasselbe möglichst unschädlich zu machen ist es gut, die Ausmauerung um etwa 1^{cm} höher als die Oberkante des Spannbalken vortreten zu lassen.

In vielen Fällen, wie z. B. auch bei den auf Taf. LVI gegebenen Beispielen, liegt über der Ausmauerung noch ein zweiter Bohlenbelag. Es ist diese Anordnung namentlich in Holland, wo die Schleusen sehr oft auch als Entwässerungsschleusen dienen, in Gebrauch. Sie erscheint jedoch für die Dichtigkeit des Bodens entbehrlich, weil es unmöglich sein wird, über Mauerwerk Holz dicht zum Anschluss zu bringen und die Bohlen selbst, ohne sie in Felder zwischen Zangen einzutheilen (s. oben) schwerlich in der grossen Fläche absolut dicht zu bekommen sind. Für die Boden-

stärke würde eine entsprechende Erhöhung der Spannbalken weit wirksamer und billiger sein. Da ausserdem die Kosten der Bohlen selbst nicht unbedeutend sind und die Dicke derselben die Tiefe des Mauerwerks in der ganzen Fundirung noch vermehrt, so kann ihr Nutzen nicht anerkannt werden.

Wo dagegen an einzelnen Stellen, in Vorschleusen u. s. w. nur ein Bohlenbelag ohne Spannbalken und Zwischenmauerung liegt, wird stets ein zweiter, die Fugen des ersteren überdeckender und der Haltbarkeit wegen aus Eichenholz bestehender Bohlenbelag anzubringen sein. So ist z. B. nach Fig. 7, Taf. XLIX in der Vorschleuse der grossen Papenburger Schleuse und ebenso nach Fig. 13 in der Thorkammer und dem schrägen Uebergang aus dieser in die Kammer der kleinen Binnencanalschleuse daselbst ein doppelter Bohlenbelag hergestellt. — In dem letzteren Falle, wo die Sohle der Kammer fast in der Höhe des Unterdrempels liegt, erschien der schräge Uebergang wegen Reinhaltung der Thorkammer sowie auch constructiv günstiger als ein senkrechter Absatz des Bodens.

Den wichtigsten und schwierigsten Theil des Holzbodens bildet endlich der Drempel. Es muss zunächst von einer so unklaren Construction wie die der auf Tafel L, Fig. 9 dargestellten Weichselschleuse abgesehen werden. Es lässt sich unzweifelhaft für Schleusen von mässiger Grösse in reiner Holzconstruction ebenso dauerhaft und dabei weit leichter wasserdicht ein Drempel herstellen, als auf Holzboden ein steinerner Drempel. Unter Bezugnahme auf die oben besprochenen allgemeinen Anforderungen an einen Drempel wird die zweckmässigste Construction etwa die in Fig. 7, 8, 9 und 10, Taf. XLIX dargestellte sein. Nach der Bestimmung der Verhältnisse des sog. Drempeldreiecks (vergl. § 7) wird noch die senkrechte Höhe des Drempels über dem Thorkammerboden festzustellen sein. Hierfür ist einestheils der nothwendige Spielraum zur Bewegung der Thorflügel, anderntheils die zum dichteren und sicheren Anschlage derselben an den Drempel erforderliche Höhe, der sog. Drempel- oder Thor-Anschlag, maassgebend. In ersterer Beziehung kommt in Betracht, ob der Thorkammerboden der Aufschlickung, Zusandung u. s. w. sehr ausgesetzt ist, ob mit Wahrscheinlichkeit auf das öftere Fallenlassen von Steinen, Torf u. s. w. zu rechnen und ob ein Durchsacken der Schleusenthore zu besorgen ist. Wenn auch alle diese Ursachen für die Verringerung des anfänglichen Spielraumes durch geeignete Mittel (§ 14, 15 und 22) abgeschwächt werden können, so muss doch der Sicherheit wegen auf das Eintreten einer Verringerung gerechnet werden. Selbst bei den auf Rollen laufenden Thorflügeln, bei denen eine Versackung nicht anzunehmen, wird grade ein möglichst geringer Widerstand an der Unterkante gegen das Oeffnen erwünscht sein. Ausserdem ist zu beachten, dass bei allen Holzthoren die sog. Schlagsäule innen um mindestens 5 bis 10^{cm} vor der übrigen Unterkante des Thores vortreten muss. Es darf daher der Spielraum wohl nie unter 15^{cm} genommen werden und unter Umständen bis zu 30^{cm} steigen. Für den sog. Drempel oder Thor-Anschlag wird je nach der Grösse des Thores und des Wasserdrucks 10 bis 20^{cm} Höhe genügen, so dass der Drempel im Ganzen 25 bis 50^{cm} über dem Thorkammerboden liegt. Bei Holzböden sucht man das Maass möglichst zu beschränken und da ausserdem diese nur bei Schleusen bis zu mittlerer Grösse genommen werden sollten, so darf wohl 40^{cm} für Holzdrempel als das Maximum der Höhe angesehen werden.

Es würde nun wieder zu unverhältnissmässig dicken und schwer zu beschaffenden Hölzern führen, wenn man, wie allerdings in Fig. 4, Taf. LVI geschehen ist,

die Spannbalken nur bis an die Drempel gehen lassen und ausserdem die Drempelhölzer direct auf den ersten Bohlenbelag legen wollte. Dies ist bei der Papenburger Schleuse dadurch umgangen, dass unter dem ganzen Drempel eine Lage von 17^{cm} starken Spannbohlen dichtschliessend gelegt ist, von denen ausserdem zwei etwas stärkere noch in den unteren Bohlenbelag eingreifen. Auf dieser, die Grundlage des Drempels bildenden und durch starke Bolzen auf die betreffenden Grundbalken befestigten Holzschicht ruht der Drempel selbst. Seine immerhin noch reichlich 50^{cm} dicken Eichenhölzer liegen mit ihrer Unterkante um 17^{cm} tiefer als die nächsten Spannbalken, sind also gegen Horizontalverschiebung sicher geschützt, indem der Zwischenraum zwischen den Schlagschwellen und den Spannbalken durch 17^{cm} dicke, keilig eingetriebene Eichenstücke ausgefuttert ist. Ebenso sind auch, wie aus Fig. 2 zu ersehen, die Zwischenräume zwischen den Schlagschwellen und der Haupt- oder Mittel-Schwelle durch 50^{cm} hohe Holzklötze ausgefüllt. Auf diese Weise besteht der Drempel von dem Rostbelage ab aus 68^{cm} dickem Holze, welches völlig scharf behobelt und ausserdem in allen Fugen mit getheertem Fliesspapier gedichtet ist. Wie aus Fig. 8 ersichtlich, greifen nicht allein die Enden der Mittelschwellen, sondern auch die der Schlagschwellen unter das Mauerwerk. Diese Hölzer sind durch starke horizontale Schraubbolzen an den Enden und ausserdem durch geeignete Schienen unter sich und mit den in der Mittellinie der Schleuse liegenden sog. Königsstücken verbunden. Endlich sind in etwa 1^{m},5 Entfernung 5^{cm} dicke Spitzbolzen durch starke Schläge bis in die betreffenden Grundbalken getrieben und dadurch die Drempelhölzer vor der etwaigen Gefahr des Aufhebens durch die Schleusenthüren geschützt.

Bei den meisten Holzdrempeln ist der Zwischenraum zwischen den Schwellen mit Mauerwerk ausgefüllt und dann mit etwa 7^{cm} dicken Bohlen, die in Falzen der Drempelhölzer liegen, bedeckt. Es bedarf wohl keines Beweises, dass diese Ausfüllung nicht entfernt dieselbe Dichtigkeit gewährt, als jene mit reinem Holze. Endlich ist noch der bei älteren Holzböden gebrauchte und zum Tragen der Zapfenpfannen (§ 17) dienende sog. Pfannenbalken dadurch glücklich beseitigt, dass eine 17^{cm} dicke und 44□^{cm} grosse gusseiserne Zapfenplatte Fig. 9, Taf. LIII zwischen die vorhin erwähnten Futterhölzer auf die Spannbohlen gesetzt ist. Der in älteren Handbüchern ausführlich beschriebene unzweckmässige Pfannenbalken giebt durch seine vielfachen Ueberschneidungen oft Veranlassung zu Undichtigkeiten.

Da nach allem Vorstehenden die sämmtlichen Holzconstructionen eines Schleusenbodens mit der allergrössten Genauigkeit ausgeführt werden müssen, hierzu aber nur besonders zuverlässige Zimmerleute verwendbar sind, so ergiebt sich daraus eine verhältnissmässig lange Arbeitszeit. Um so ungünstiger wird diese bei starkem Wasserandrange, namentlich wenn zeitweilig aussergewöhnlich hohe Fluthen, z. B. an der See, eintreten. Wenn in solchen Fällen nicht die Grundpfähle eine genügende Tiefe in dem festen Boden erhalten haben, so ereignet sich bei noch unbelastetem aber übrigens geschlossenem Boden wohl ein Auftreiben des ganzen Bodens. Dies soll z. B. bei der im Jahre 1848 erbauten, 22^{m} weiten Dockschleuse zu Bremerhafen, während einer hohen Fluth, wobei etwa 14^{m} Wasserdifferenz vorhanden war, zum Theil bis zu 30^{cm} Höhe geschehen sein. Wie im § 5 bereits erwähnt, wird wegen dieser Gefahren und der langen Dauer der Ausführung bei grossen Schleusen jetzt der Steinbau mehr vorgezogen.

§ 9. Steinerne Böden. Nach der zu Anfang des vorigen Paragraphen gegebenen Erläuterung sollen zu den steinernen Böden auch solche gerechnet werden,

welche auf einem Holzfundament eine zusammenhängende namentlich eine gewölbte Oberfläche haben. Dass auch Böden, die im Wesentlichen nur aus Beton bestehen, zu den steinernen zu rechnen sind, kann als selbstverständlich gelten.

Seit etwa zwei Jahrzehnten ist die Anordnung der steinernen Böden mannigfaltiger, sowie ihre Anwendung häufiger geworden. Sie haben namentlich für grössere Schleusen mit Hülfe der bequemen Bauweise des Betonirens in vielen Fällen die Holzböden verdrängt. Der Beton vertritt sogar zuweilen sowohl das Fundament als auch den eigentlichen Boden. Aus diesem Grunde soll auch hier, wie bei den Holzböden, das Fundament des ganzen Bauwerks zugleich mit dem Boden besprochen werden.

Zur Anwendung kommen steinerne Böden, abgesehen von den auf Rosten liegenden Gewölben, welche den hölzernen Böden am nächsten stehen, bei kleineren Schleusen, wenn der feste Untergrund nicht viel unter der Schleusentiefe liegt und bei grossen in demselben Falle oder wenn die mit einem Holzboden verknüpfte Bauweise zu umständlich und zu unsicher scheint. Dagegen bedarf der ganz oder theilweise aus Beton bestehende Steinboden auch einer nicht zu tiefen Lage des festen Untergrundes, damit weder die Betonschicht zu dick und zu kostspielig wird, noch der Schleusenboden durch den Druck der Seitenmauern in Gefahr kommt zu brechen oder zu sacken. Wo der feste Untergrund zu tief liegt, hat man in neuerer Zeit zur Herstellung steinerner Böden, hauptsächlich freilich für die sichere Fundirung der Seitenmauern, Senkbrunnen angewandt.

Um eine gewisse Uebersicht der verschiedenen Fälle für steinerne Böden zu erhalten, mögen unterschieden werden, Steinböden:

mit directer Mauerung auf dem Untergrund,
mit Hülfe von Betonirung oder lediglich aus Beton (s. Taf. L, LI und LII),
auf Pfahlrost ruhend,
auf Senkbrunnen ruhend (Taf. LI).

Trotz dieser verschiedenen Constructionen haben die steinernen Böden doch im Allgemeinen ein weit einfacheres Detail als die Holzböden und dabei unter sich gewisse gemeinsame Eigenthümlichkeiten, die nur ausnahmsweise wegfallen. So wird mit Ausnahme der nur aus Beton bestehenden Böden fast stets die Oberfläche des Bodens durch ein verkehrtes Gewölbe gebildet, für welches die Seitenmauern die Widerlager abgeben. Es wird dadurch nicht allein eine grössere Stärke des Bodens gegen Auftrieb, bei gleicher Dicke in der Achse der Schleuse, erreicht, sondern auch eine grössere Sicherheit gegen Versacken der Mauern oder Brechen des Bodens, und endlich eine bedeutend grössere Stabilität der Mauern gewonnen. Dieselben können unter gleichem Materialaufwand gar nicht vortheilhafter, oder bei kleinstem Material nicht stabiler gebildet werden als mit einem sich gegen ihren Fuss stützenden verkehrten Gewölbe. Man sucht aus diesem Grunde auch die Gewölbekämpfer so hoch als möglich hinaufzuziehen, soweit es eben die Rücksicht auf die Form der Schiffe gestattet. Fast allgemein steht man jedoch in den Thorkammerböden von einer Wölbung ab, weil es bei den meisten Thorflügeln zu ungünstig sein würde, sie mit einer tiefreichenden Schlagsäule und einer kurzen Wendesäule zu gestalten. Die Versackung des Flügels würde dadurch erheblich befördert. Für Schwimmthore (vergl. § 15) fällt allerdings dieser Grund zum Theile fort; doch ist begreiflicherweise ein Thor selten grade im Gleichgewicht mit der verdrängten Wassermasse oder richtig schwimmend, vielmehr meistens mit einem gewissen Uebergewicht nach unten oder

einem Auftrieb nach oben behaftet. Es bleibt also auch bei diesen ein Bestreben zur Formveränderung. Dazu kommt, dass die Construction eines gewölbten Thorkammerbodens sehr complicirt wird, und dass in der Nähe des Vorbodens eine Wölbung doch fast unmöglich wird. Das einzige Beispiel eines gewölbten Thorkammerbodens befindet sich, so weit bekannt, in dem Great Western Dock zu Plymouth (s. Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. VII).

Es wird daher fast stets in den Thorkammerböden, welche ohnehin um die Breite der Thornischen weiter sind als die anderen Theile des Schleusenbodens, eine besondere Verstärkung des Bodens nach unten hin gesucht werden müssen, welche aber grade bei Steinböden meistens sehr viel leichter und günstiger zu erreichen ist als bei Holzböden.

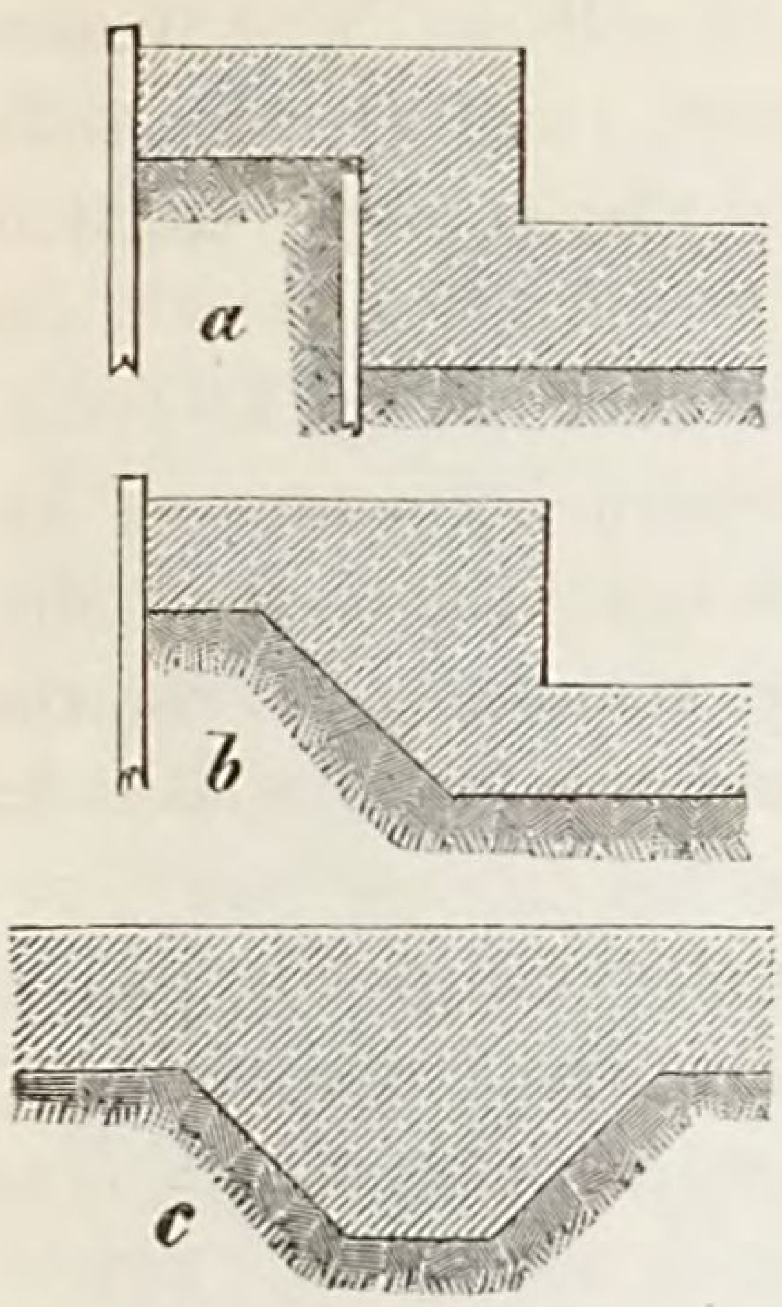
In ähnlicher Weise kann man, mit Ausnahme der auf Pfahlrost ruhenden Böden, nach der Mittellinie der Schleuse hin den Boden unten verstärken, weil bei Anwendung der Bogenform ohnehin nach den Seiten hin meist ein Uebermaass der Stärke vorhanden ist.

Um die Steinböden in genauer Form herzustellen und zu erhalten ist es zweckmässig, wenn auch im Uebrigen Klinkermauerwerk oder nur der nackte Beton zur Verwendung kommt, alle vorspringenden Kanten und Flächen, wie z. B. namentlich die Drempel, den etwaigen Abfallboden, die Begrenzung der Vorböden gegen die Thorkammerböden u. s. w. aus vorzüglich guten Quadern herzustellen, welche zur Verhütung von Verschiebung (oft in übertriebener Weise) wohl mit horizontaler Wölbung als Keilsteine gebildet oder auch mit Verschränkung versehen werden.

Ein wesentlicher Unterschied der Steinböden gegen die Holzböden besteht in der Anbringung der Spundwände. Während, trotz aller Vorsicht in der Construction und Ausführung, der Holzboden zur Sicherheit nicht als absolut dicht angenommen werden darf und deshalb an jeder Stelle, wo darüber eine ungleiche Wasserhöhe vorkommt, mit einer Querspundwand versehen werden muss, kann ein völlig zusammenhängender und mit Sorgfalt aus Mauerwerk oder Beton in genügender Dicke gebildeter Boden als wasserdicht gegen die vorkommenden Wasserdrücke angesehen werden. Es ist also nicht nöthig, mehrere Spundwände unter dem Boden anzubringen und ist dies um so günstiger, als solche unter dem Boden liegende Wände nur um ein geringes Maass in den Boden von unten eingreifen dürfen, also stets schwierig herzustellen sind. Speciell bei der Betonirung würde es ein grosser Fehler sein, die Querspundwände durch den Beton hindurchgehen zu lassen, weil daselbst unfehlbar starke Quellen entstehen müssten.

Es wird also vorzugsweise nur eine Querspundwand am oberen und unteren Ende eines einheitlichen Bodens nöthig sein, weil eine einzige Spundwand zu wenig Sicherheit bietet. Da nun aber die Herstellung des Bodens, namentlich bei Beton, die Umschliessung des ganzen Bettes fordert, so werden fast stets auch Längsspundwände im dichten Anschluss mit den Querspundwänden angeordnet. Der ganze Boden ist also, entsprechend dem Wasserdruck und der Bodenbeschaffenheit, mit einer tief nach unten reichenden Holzwand (vergl. S. 888) eingefasst und dadurch vor Unterquellung gesichert. Nach oben reichen die Spundwände so hoch als es die Fundirung übrigens erfordert, also während der Ausführung oft bis zur Höhe des Grundwassers, und erfolgt an den offenen Enden der Schleuse ein nachträgliches Abschneiden bis zur oberen Höhe des Bodens. Um etwa unter Abfallböden von Canalschleusen die

Fig. 15.



nebenstehende Anordnung *a* einer Spundwand zu vermeiden, kann man die Anordnung *b* mit schräger Unterfläche des Betons treffen. Vergl. Fig. 1, Taf. L und LII.

Ausserdem kann man bei der Betonirung an beliebigen Stellen nach unten Verstärkungen nach Fig. *c* anbringen, und dadurch zugleich das Hindurchziehen von Quellen unter dem Boden wenigstens unterbrechen und abschwächen.

Es möge nun noch über die einzelnen Bauweisen der Steinböden das Eigenthümliche besprochen und durch geeignete Beispiele erläutert werden.

Die Herstellung des Bodens und Fundaments durch directe Mauerung sollte nur bei Felsboden, oder hartem Thonboden angewandt werden. In dem ersteren Falle würde ausser der Bildung der Drempel u. s. w. überhaupt nur eine Ausgleichung der Unebenheiten nöthig sein und wäre namentlich darauf zu achten, dass alles Mauerwerk mit gutem Cement auf völlig reine und schlammfreie Flächen des natürlichen Bodens gelegt werde. Von Spundwänden ist alsdann völlig abzusehen. Weniger gut ist diese Art der Fundirung bei Gerölle und grobem Kies, weil dabei ohne vorgängige Betonirung stets bedeutende Wasseradern bleiben und namentlich nicht durch Spundwände abgeschnitten werden können. Auf schwerem Thon dagegen ist das directe Mauern zweckmässig, so lange nicht eine merkliche Compression des Thonbodens zu besorgen ist. Spundwände, wenn sie anzubringen, erscheinen jedoch nicht ganz überflüssig, weil sich zwischen Mauerwerk und Thon immerhin Wasseradern ausbilden und den Thon aufweichen können. Ein mehrfaches Eingreifen von herdartigen Quermauern unter dem Boden würde bei recht festem Thon den nur mangelhaft einzutreibenden Spundwänden vorzuziehen sein. Auf reinem Sandboden und bei starkem Wasserandrange sollte jedoch nie ein Schleusenboden direct aufgemauert werden. Selbst wenn es gelingt, die Schleuse ohne schädliche Auflockerung des Grundes und bleibende Wasseradern herzustellen, sind die dazu erforderlichen Hülfsmittel so umständlich und kostspielig, dass jedenfalls eine wenn auch mässige Betonschicht in jeder Hinsicht vortheilhafter erscheint. So ist es kaum erklärlich wie die in den Jahren $18^{62}/_{63}$, an Stelle einer alten, neugebaute sog. Stadtschleuse in dem Schleusenarm der Spree zu Berlin[4]) trotz des starken Wasserandranges auf Sandboden direct hat aufgemauert werden können. Es sind allerdings zuerst die Seitenmauern auf 3 Schichten etwa 0,5□^{m} grosser Werksteine, danach in ähnlicher Weise die Drempel, die Thorkammerböden und endlich der Kammerboden in einzelnen Stücken von etwa 2^{m},5 Länge aufgeführt. Ausserdem ist stellenweise in kleinen Abtheilungen etwa 30^{cm} dicker Beton eingebracht und darauf erst gemauert. Wo zu starkes Aufquellen des Wassers eingetreten ist, hat man statt Cementmörtel Oelkitt unter die Lagerflächen der Steine gebracht. Die etwa 10^{m} breite Kammer ist mit einem Bogen aus 3 hochkantigen Backsteinschichten bei 50^{cm} Pfeilhöhe ausgewölbt. Ein einfaches und zusammenhängendes Betonbett wäre jedenfalls hier vorzuziehen gewesen.

Die weitaus gebräuchlichste Anordnung eines Steinbodens ist die mit einem Betonfundament und Uebermauerung mit Klinkern und Werksteinen. Seltener ist

[4]) Die Stadtschleuse in Berlin. Zeitschr. f. Bauw. Bd. XII und XIV.

die ausschliessliche Verwendung von Beton mit Ausnahme an den vortretenden Kanten und den Drempeln. Von der ersteren Art geben auf Taf. L die Mosel- und Weser-Schleuse, auf Taf. LI die Hafenschleusen zu Ymuiden, Harburg und Geestemünde Beispiele, während von der anderen Art die Schleuse bei Evry Fig. 1 bis 5, Taf. LII als Vorbild gelten kann.

Indem hinsichtlich der Einzelnheiten des Betonirens auf Bd. I, Cap. VIII verwiesen werden muss, erscheint es zweckmässig die für Schleusen besonders zu beachtenden Regeln hier speciell hervorzuheben. Da die wichtigste Eigenschaft des Betonbodens seine Wasserdichtigkeit ist, so muss es unbedingt unzulässig gelten, vor völliger Erhärtung des Betonbettes behufs der weiteren Mauerarbeiten das Wasser aus der Baugrube auszuschöpfen oder gar während des Betonirens einen so niedrigen Wasserstand in derselben zu halten, dass in dem Untergrund unter dem Beton Quellen entstehen. In beiden Fällen wird das aufquellende Wasser bald durch den nicht erhärteten und immer einzelne besonders weiche Stellen enthaltenden Beton seinen Weg nach der Oberfläche finden und eine spätere Dichtung des Betons unmöglich machen. Durch derartigen fehlerhaften Schöpfbetrieb sind manche Schleusenböden ganz oder nahezu verdorben.

Da ferner im Allgemeinen langsam bindender Cement dem rasch bindenden vorzuziehen ist und ebenfalls Trassmörtel nur langsam bindet, so muss dem Betonbett mindestens auf 8 bis 12 Wochen, je nach der Dicke, Zeit zum Erhärten gegeben werden. Zweckmässig ist es also, etwa im Herbst die Betonirung auszuführen und das Betonbett den Winter über bis zum Wiederbeginn der Mauerarbeiten, völlig ohne Schöpfen, unter Wasser liegen zu lassen.

Es würde nun in einzelnen Fällen die Ausführung ungemein erschweren, wenn die Betonirung gänzlich ohne Wasserschöpfen geschehen sollte. Es wird auch gegen die vorstehende Regel gar nicht verstossen, das Wasser in der Baugrube bis zu einer solchen Tiefe zu senken, bei welcher die Spundwände eine wesentlich geringere Höhe bedürfen, aber ein Aufquellen im Untergrunde noch nicht stattfindet. Welche Höhe gegen die äusseren Wasserstände ein solcher gesenkter Spiegel haben muss, kann freilich mit Sicherheit in jedem einzelnen Falle nur durch sorgfältigen Versuch ermittelt werden, wenn nicht etwa darüber von vorhergegangenen Bauausführungen Erfahrungen vorliegen. Jedenfalls darf die fragliche Senkung nicht bis zu einer sandigen oder sehr lockeren Schicht von Moor, Darg u. s. w. reichen, weil alsdann ein starkes Aufquellen ganz gewiss ist. Ebenso wird schon ein Aufquellen erfolgen, wenn der Beton selbst in einer porösen wasserhaltenden Schicht liegt, und die Senkung so tief reicht, dass der Gegendruck des gesenkten Binnenwassers kleiner wird als der thatsächliche Druck des Aussenwassers in der Sohle der Baugrube. Es ist nämlich dieser thatsächliche Druck ausser von anderen Umständen, z. B. der Dichtigkeit des Grundes, auch vorzugsweise abhängig von der Entfernung der Baugrube von dem Aussenwasser und wegen der Bewegungswiderstände des Wassers im Boden jedenfalls kleiner als der der vollen Wasserdifferenz entsprechende Druck. Vergl. § 7. Es wird also in vielen Fällen eine gewisse Senkung des Binnenwassers über der Baugrube geschehen dürfen. Dieselbe gestattet namentlich geringere Höhe der das Betonbett umschliessenden Spundwände, niedrigere und bequemere Gerüste für das Betoniren, falls dieses nicht — wie bei grossen Schleusen wohl am besten — von schwimmenden Flössen geschieht. Es wird dann ferner in Erwägung zu ziehen sein, ob die Umschliessungsspundwände allein die nöthige Dichtigkeit und Steifigkeit

besitzen, um nach Erhärtung und Trockenlegung des Betons das vom Rande der Baugrube eindringende Wasser oder feuchte Erdreich von dem Betonbette abzuhalten. Wenn dies nicht der Fall zu sein scheint, werden wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse nach Fig. 12 bis 15, Taf. LI und bei der Hamelner Schleuse (Fig. 14, Taf. L) seitliche Dämme von Beton aufgeführt, welche nachher ohne Schaden als ein Theil des Mauerwerks angesehen werden können, weil die Drucklinie der hinterfüllten Mauer sehr weit nach vorn liegt. Wenn jedoch Umlaufscanäle in dem hintern Theil der Mauer liegen müssen, so kann es zweckmässiger sein, die Betonwand wenigstens theilweise wegzulassen um entweder die Mauer nicht zu sehr zu schwächen oder nicht eine zu grosse Breite des Betonbettes nöthig zu haben. So sind z. B. bei der Hamelner Schleuse nur auf einer Strecke hinter den Umlaufscanälen, und bei der neuen Harburger Schleuse (Fig. 7 bis 9, Taf. LI), wo die Umlaufscanäle durch die ganze Schleusenlänge gehen, überhaupt keine Betondämme neben den Seitenspundwänden angewandt.

Obschon es bei so hervorragenden Bauwerken geschehen, so muss doch mit Bezug auf das eben von der Anbringung der Querspundwände Gesagte es als unzweckmässig bezeichnet werden, dass bei der Nordseecanal-Schleuse bei Ymuiden (Fig. 1, Taf. LI) die unter den Drempeln liegenden Querspundwände ganz bis zur Höhe der Uebermauerung und bei der Geestemünder Schleuse (Fig. 11, Taf. LI) verschiedene Querspundwände wenigstens bis zu etwa der halben Betondicke reichen. In dem ersteren Falle wird das sich unter dem Betonbette befindliche, bei hohen Fluthen stark gepresste Grundwasser an der genannten Spundwand hinaufziehen und danach die zwischen Beton und Mauerwerk befindliche Fuge zu verfolgen suchen. Dass solche Fugen wirklich vorkommen, beweist, dass in einem Trockendock zu Wilhelmshafen das reichlich so dicke und mit starken Quadern bedeckte Mauerwerk von dem Betonbette je nach dem Wasserdruck sich hob und senkte. In Geestemünde hatten die aus der Fig. 11 ersichtlichen Querspundwände ebenfalls eine durch den Beton reichende Höhe gehabt. Nach der Trockenlegung des übrigens durchweg dichten Betonbettes zeigten sich an ihnen zahlreiche und starke Quellen. Man machte aber hier den anfangs begangenen Fehler dadurch wieder gut, dass das Betonbett überall neben den Spundwänden bis etwa zur halben Dicke aufgehauen und nach Abschneidung der Wände wieder mit Beton auf das Sorgfältigste gedichtet wurde. Diese nachträgliche Arbeit verursachte zwar grosse Mühe und Kosten, war jedoch von dem besten Erfolge. Zweckmässiger aber wäre es gewesen, die Spundwände von vornherein noch niedriger zu halten und höchstens etwa $0^{m},3$ tief in den Beton eingreifen zu lassen. Denn immer wird bei der noch verbliebenen Höhe der Spundwände das Betonbett an den betreffenden Stellen geschwächt und ohne Nutzen der Gefahr des Undichtwerdens ausgesetzt.

Indem jedes Betonbett eine solche Stärke erhalten muss, dass es nach völliger Trockenlegung, eine Zeit von mehreren Wochen hindurch, allein den auftreibenden Druck des Aussenwassers ertragen kann, so fragt es sich, ob es zweckmässig und nothwendig, der Uebermauerung so bedeutende Stärken zu geben als es oft geschehen ist. Wenn man dabei gar annehmen muss, dass sich beide Schichten nicht so absolut verbinden, dass sie als ein Ganzes angesehen werden können, so erscheint es gewiss richtiger, die eigentliche dem Schleusenboden zu gebende Stärke ganz allein in den Beton zu legen und denselben nur in den Drempeln mit starkem Mauerwerk, übrigens aber nur der genauen Form wegen zu übermauern. Dies würde namentlich

in den Thorkammern, wo eben nur eine horizontale Oberfläche passend ist, vortheilhafter werden, als etwa 1^m dickes Mauerwerk aufzubringen und die nöthige Gesammtstärke auf Beton und Mauerwerk zu vertheilen. Wo man zum Theil aus Rücksicht auf die Stabilität der Seitenmauern starke verkehrte Gewölbe anbringt, dürfen diese also fast unmittelbar über dem Beton liegen. In sehr vielen Fällen endlich könnte wesentlich dadurch gespart werden, dass der Beton allein und ohne Uebermauerung den Boden bildete. Guter Beton ist gegen die auf einen Schleusenboden treffenden localen Angriffe völlig fest und hart genug, und es erfordert anderseits eine Uebermauerung, wenn sie nicht mehr schaden als nützen soll, immer eine sorgfältige Ebenung des in der geschütteten Oberfläche rauhen und undichten Betons.

Endlich wird bei neuen Schleusen wahrscheinlich mehr als es bei den älteren geschehen ist, auf eine Ersparung dadurch Bedacht genommen, dass das Betonbett nicht der Quere nach gleichmässig dick, also in seiner Form ein einfaches Rechteck ist, sondern dass es nach der Mitte am stärksten ist und sich dabei nach den Seiten hin erhebt, wie dies sehr zweckmässig bei der neuen Harburger Hafenschleuse Fig. 7 bis 9, Taf. LI geschehen ist.

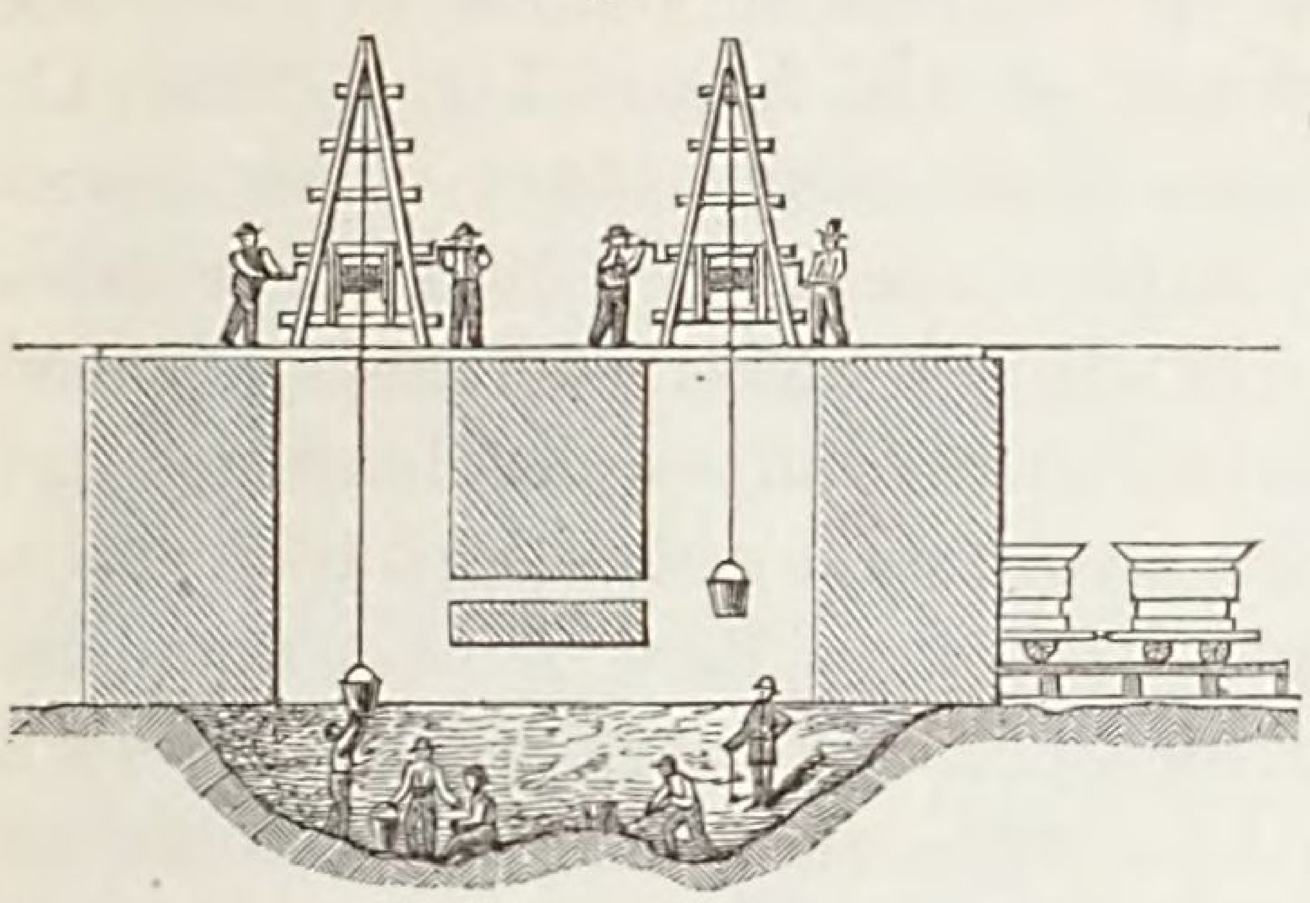
Hinsichtlich der auf Pfahlrost fundirten und mit steinernem Boden versehenen Schleusen ist unter Hinweis auf den vorigen Paragraph und die allgemeinen Regeln für steinerne Böden nicht viel mehr zu sagen. Diese früher besonders in England gebräuchliche Methode hat den Nachtheil im Vergleich zum reinen Holzboden, dass der Rost nicht als eine durchaus sichere Verstärkung des Gewölbes gegen Auftrieb angesehen werden kann, dass also das Gewölbe für sich allein genügende Stärke dagegen erhalten muss. Besonders nachtheilig wird dies in den Thorkammern. An der älteren im Jahre 1845 erbauten Harburger Schleuse, von welcher in Fig. 10, Taf. LI der Querschnitt durch die Kammer dargestellt ist und welche bei geringeren Dimensionen eine ähnliche Anordnung als die im Grundriss in Fig. 22 gegebene, im Jahre 1878 begonnene neue Schleuse zeigt, hat man sich in den nur mit flachen Quadern bedeckten Thorkammerböden, sowie auch unter den Drempelbögen zur Verstärkung des Bodens ebenfalls hölzerner Spannbalken wie bei einem Holzboden bedient. Es ist klar, dass eine reine Holzconstruction hier weit vortheilhafter gewesen wäre. Es mag hier die Bemerkung Platz finden, dass die in allen Dimensionen grössere Papenburger Schleuse Taf. XLIX, deren Weite z. B. $0^m,6$ grösser als die der älteren Harburger Schleuse ist, vermöge der zweckmässigeren Constructionen nur etwa 180000 M., die Harburger dagegen 420000 M. gekostet hat.

Von den mit Hülfe von Senkbrunnen fundirten Schleusen geben die bereits in § 3 und 4 erwähnten Schleusen zu Bordeaux ein interessantes und grossartiges Beispiel. Wie aus Fig. 4 und 6, Taf. LI ersichtlich, liegen unter den beiden Seitenmauern, der Mittelmauer und unter den äusseren und inneren Begrenzungen der Vorschleusen dicht nebeneinander riesige Blöcke oder Senkbrunnen, welche ein Rechteck von 205^m Länge und etwa 57^m Breite umschliessen. Dieselben haben unter den Seitenmauern im Durchschnitt 6^m Breite und 16 bis 35^m Länge, unter der Mittelmauer 9^m Breite und etwa 15^m Länge. Dabei reichen die Blöcke nach ihrer Versenkung bis zu durchschnittlich 14^m unter dem natürlichen Terrain oder etwa 13^m unter der höchstbekannten Fluth bis auf den in dieser Tiefe vorhandenen groben Sand. Der Grund für die Versenkung so colossaler Brunnen war, dass zu beiden Seiten neben den zu erbauenden Schleusen in grosser Nähe Häuser standen und zwar auf einem sehr nachgiebigen Boden von weichem Thon. Man befürchtete daher

bei einer offenen Aushebung der Baugrube bis zu der nothwendigen Tiefe des festen Sandes das Einrutschen der Ufer und Einstürzen der Häuser. Durch das allmähliche Einsenken der grossen Blöcke und das damit entsprechend fortschreitende Ausheben der von ihnen umschlossenen Grube erwartete man dagegen zwar eine mässige Austrocknung und Senkung des umliegenden Terrains aber eine von ernstlichen Katastrophen sichere Bauausführung. Diese ist soweit bekannt auch erfolgt.

Um die Blöcke oder Brunnen zu versenken sind dieselben hohl und zwar unten in der Basis nur so weit von massivem Mauerwerk hergestellt, dass bei ihrer anfänglichen Höhe von 3^m der Druck auf den Untergrund nur $1^k,3$ auf $1\square^{cm}$ betrug. Nach nebenstehender Fig. 16 stehen die inneren Hohlräume unten zum bequemeren Arbeiten in Verbindung mit einander und gestalten sich nach oben zu mehreren Arbeitsschächten von verschiedener Weite. Das Senken geschah — unter Anwendung von Seitenstützen zur Führung — anfangs mittelst Ausgrabung, bis starker Wasserandrang eintrat. Alsdann wurde in einem Schacht ein von einer auf dem Ufer stehenden Locomobile betriebenes Pumpwerk angebracht und das Graben und Einfüllen der Kübel so lange betrieben bis ein mit derselben Locomobile getriebener Bagger nothwendig wurde. Beiläufig sei erwähnt, dass hier wohl ein früherer Baggerbetrieb, wie solcher z. B. bei dem Hamburger Sandthorkai etwa zur selben Zeit angewandt wurde, vortheilhafter gewesen wäre. Die Blöcke wurden nach erfolgtem Sinken successive bis zu einer die Ufer sicherstellenden Höhe nachgemauert und bis etwa 80^{cm} in die Sandschicht eingesenkt. Bei dem Senken ereigneten sich allerdings vielfach störende Zwischenfälle. So sind mehrere der langen Blöcke oder Brunnen entzwei gebrochen und ganz oder theilweise schief gesunken. Zur Graderichtung eines nach der Landseite hin umgekippten Blockes wandte man von der Landseite her hydraulische Pressen, von der Seite der Grube her eine an den Block etwa rechtwinklig gegen seine Seitenfläche liegende, oben mit Ketten verankerte und stark beschwerte Plattform an.

Fig. 16.



Sobald ein Block richtig versenkt war, wurde seine Höhlung bis auf 3^m von der Basis mit Beton gefüllt und dann mit Mauerwerk im Verband vollgemauert. Die zwischen den Blöcken verbliebenen, etwa $0^m,5$ weiten Zwischenräume wurden ebenfalls nachträglich ausgemauert. Nach Absenkung mehrerer benachbarter Blöcke wurde das Terrain der eigentlichen Schleusengrube allmählich abgegraben und die Erde mit Hülfe der in Fig. 6 ersichtlichen Transportbahnen abgefahren. Die so nach und nach im Zusammenhange vertiefte Grube musste durch starke Schöpfmaschinen entwässert werden, wozu in dem in Fig. 6 mit *A* bezeichneten Brunnen, nämlich in dessen zwei weiten und nach der Grube hin mit Oeffnungen versehenen Schächten, je eine starke Kreiselpumpe aufgestellt wurde. Die Pumpen wurden durch eine 35^{PS} starke Locomobile betrieben.

Die endlich bis auf den Sandgrund ausgehobene Grube ist schliesslich mit einer etwa 4^m dicken Betonlage bedeckt, siehe Fig. 5. Hierauf ruhen die eigentlichen mit verkehrten Gewölben gemauerten Böden der beiden Schleusen. Es sei dabei erwähnt, dass in dem Mauerwerk des Zwischenpfeilers und der Seitenmauern Umlaufcanäle zum Füllen und Leeren der Kammern liegen, und dass das obere Mauerwerk, sowie die Verkleidungen der Blöcke nach der inneren Seite erst nach Aufmauerung der Böden angebracht worden sind.

Im Ganzen genommen muss zwar die gewählte Bauweise durch die örtlichen Verhältnisse, insbesondere den weichen oberen Boden und die Nähe der Häuser gerechtfertigt erscheinen. Sie kann jedoch als eine solche bezeichnet werden, deren man sich nur in dringenden Nothfällen zu bedienen hat, da sie an sich ungleich kostspieliger und umständlicher ist, als eine mit Hülfe von Ausbaggerung unter Wasser vorzunehmende Betonirung und nachträgliche Aufmauerung der Wände. Die aus einzelnen, wenn auch nachträglich verbundenen Blöcken bestehenden Seitenmauern dürfen ebenso wenig wie die auf einem durch starkes Schöpfen aufgelockerten Grunde liegende Betonschicht als absolut sichere Theile einer grossen Schleuse angesehen werden.[5])

[5]) Näheres über diesen Bau siehe in Friedmann's „Officieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung 1873 zu Wien", 1874; und in den Notices sur les dessins et modèles exposées à Vienne 1873, relatifs aux travaux des ponts et chaussées, réunis par les soins du ministère d. tr. p. Paris 1873.

Da von den nothwendigen Detailconstructionen der Drempel, des etwaigen Abfallbodens und der in den Vorschleusen liegenden Bodentheile, sobald sie zur Aufnahme von Dammfalzen dienen, die Anordnung des ganzen Bodens an der betreffenden Stelle abhängt, so sei zunächst das Specielle jener Theile beschrieben. Es ist bereits in § 5 gesagt, dass hierzu nur besonders gute Werksteine zu verwenden sind.

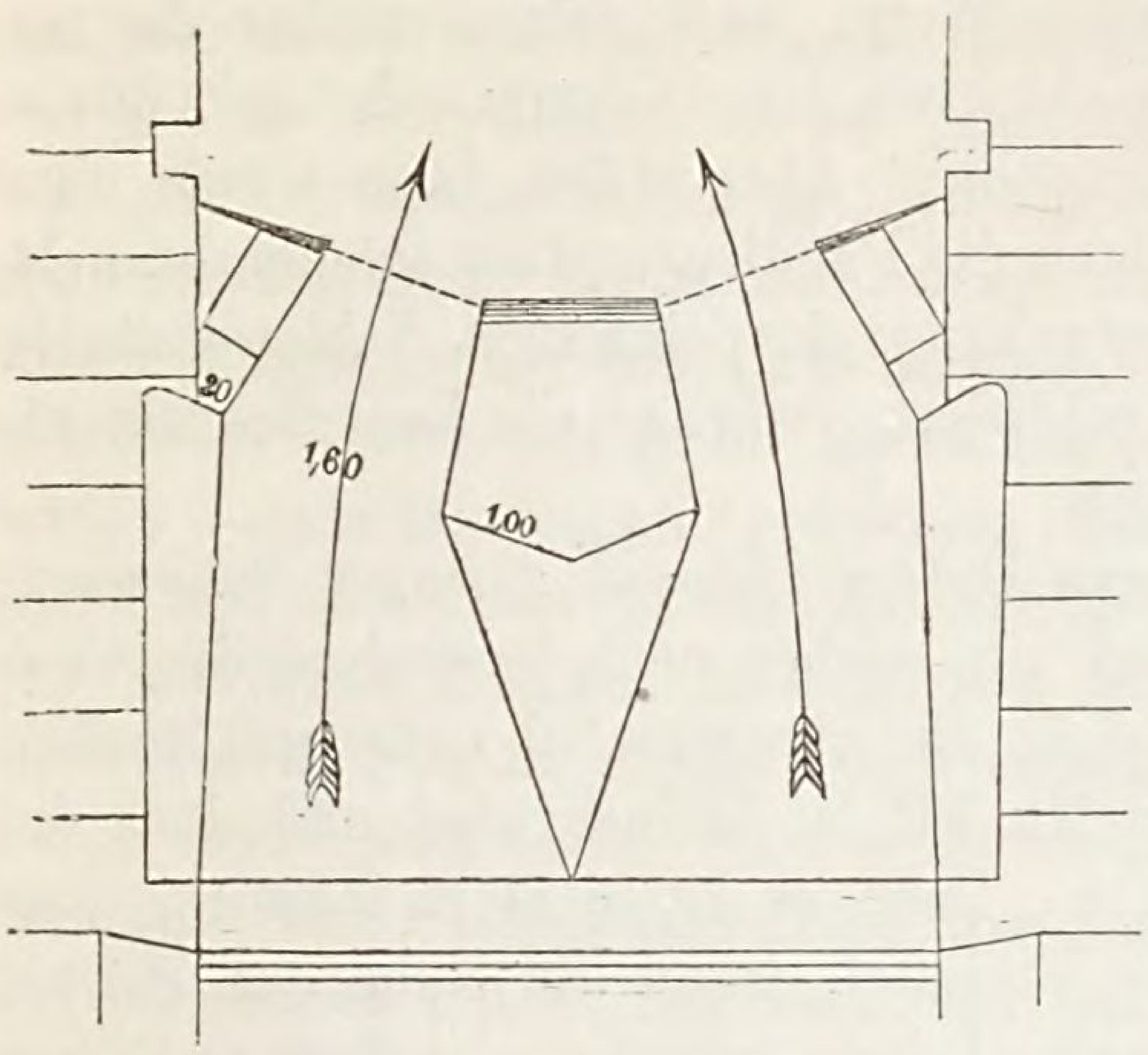
Vorzüglich erfordert der Drempel eine sorgfältige Bearbeitung, weil die einzelnen Steine ohne dieselbe in Gefahr kommen können, durch das Anschlagen oder durch sonstige Bewegungen der Thore verschoben oder gehoben zu werden. Es ist daher zunächst fast allgemein Regel, die Drempelsteine gross zu wählen und in Form eines horizontalen Gewölbes zu legen (s. Fig. 4 und 15, Taf. L, und Fig. 16, Taf. LI) weil dadurch jeder einzelne Stein sich fester gegen den anderen stützt. Eine eigentliche Gewölbespannung wird indessen nicht dadurch beabsichtigt. Man sucht dabei sehr spitze Winkel zu vermeiden, weil derartig bearbeitete Steine überhaupt unzuverlässig sind und leicht beschädigt werden. Bei Schleusen mit an der Innenseite gekrümmten Thoren werden deshalb die Fugen fast stets radial gelegt (Fig. 16, Taf. LI) und die Steine an der Hinterseite so verbrochen, dass die spitzen Winkel thunlichst fortfallen. Da bei derartigen Schleusen in der Regel der Drempel zugleich in verticaler Richtung ein verkehrtes Gewölbe bildet, so werden die Steine dieses Gewölbes ebenfalls nach unten hin in ähnlicher Weise bearbeitet (s. Fig. 7, 8, 13 und 15, Taf. LI). Wie in § 15 hinsichtlich des Anschlages grosser gekrümmter Thore näher besprochen ist, wird jedoch der Anschlag der Thorflügel an den Drempel nicht in der ganzen Stirnfläche des Gewölbes, sondern nur in einem etwa 20 bis 30^{cm} breiten horizontalen Streifen desselben hergestellt. Es liegen deshalb nach Fig. 13 nur in der Mitte der Schleuse die eigentlichen dem Anschlage ausgesetzten Drempelquader auch in dem Bogen, während nach den Seiten hin ausserdem noch besondere Quader unter demselben vorkommen.

Wesentlich einfacher ist die Anordnung der Drempel in kleineren Schleusen mit graden Thoren und ohne gewölbten Boden. Es wird hierbei der Fugenschnitt möglichst rechtwinklig zu den Anschlagslinien des Drempels angeordnet, dabei sucht man jedoch zu lange Steine und zu scharfe Spitzen zu vermeiden (s. Fig. 20, Taf. XLII). Liegt ein Abfallboden nahe hinter dem Drempel, so wird die Linie des ersteren bogenförmig gehalten und gehen die Fugen rechtwinklig zu dieser Linie (s. Fig. 4 und 15, Taf. L). Bei kleineren und nicht gewölbten Böden gehen die Drempelsteine noch um ein gewisses Maass bis in den Thorkammerboden.

Abweichend von den deutschen, englischen und holländischen Schleusen giebt man in Frankreich dem Steindrempel noch eine mittelst horizontaler Steinschrauben befestigte Holzschwelle, Fig. 2 und 4, Taf. L, um zu verhüten, dass die einzelnen Steine durch das Anschlagen der Thore bewegt oder beschädigt werden. Eine solche Schwelle wird „falscher Drempel“ *(faux busc)* genannt. Wenn die obere und vordere Kante der Steindrempel etwas abgerundet wird, so erscheint wohl die Anbringung einer solchen Holzschwelle entbehrlich.

Eine eigenthümliche Aenderung haben auf einigen französischen Flüssen, der Charente, Saone, Doubs, Tarn, Lot u. s. w., welche sehr viel Geschiebe führen, die Drempel zu dem Zwecke erhalten, um eine Ablagerung der Steine auf dem Thorkammerboden und namentlich ein Einklemmen derselben zwischen Thorflügel und Drempel zu vermeiden. Es ist dazu in jeder Drempelhälfte eine Lücke gelassen, welche sich der Form der keiligen Drempelsteine anpasst, und sich etwa durch die ganze Thorkammer aufwärts mit einer schwachen Neigung fortsetzt. Beide geneigte Ebenen vereinigen sich in einiger Entfernung von der Drempelspitze, siehe nachstehende Fig. 17 (S. 903). Die wenigen übrig

Fig. 17.



bleibenden Drempelsteine erfordern eine besonders gute Befestigung in dem Boden. Nach Lagrené wird jedoch in neuerer Zeit in Frankreich von dieser, noch von Minard empfohlenen Anordnung kein Gebrauch mehr gemacht, indem man sich auf die Tiefe des Thorkammerbodens unter dem Drempel, auf etwaiges Abfangen des Gerölles vor der Schleuse und schlimmsten Falls auf Taucher verlässt.

Für den sog. Abfallboden oder den Uebergang von dem Oberdrempel zum Kammerboden gilt zunächst als Regel, dass er als horizontales Gewölbe sich gegen die Seitenmauern stützen und ohne die früher wohl angewandte Neigung vertical abfallen soll. Eine Neigung vergrössert ohne Nutzen die Länge der ganzen Schleuse und erschwert ausserdem die Ausführung. Man hat zur Sicherung der einzelnen Steine die verschiedenen Schichten wohl mit Verschränkung in einander greifen lassen, doch erscheint auch diese Anordnung, wenn nur Höhen von 1 bis 2^m in Frage kommen, übermässig künstlich. Die unterste Steinschicht erhält ohne Weiteres eine absolut sichere Lage gegen den Kammerboden, die oberste Schicht wird zweckmässiger Weise zugleich für den Drempel benutzt, so dass dabei die Steine derselben eine Länge von 1 bis $1^m,5$ erhalten. Werden beide Schichten dann etwa $0^m,6$ dick genommen, so bedarf es gewöhnlich nur noch einer mässigen Höhe zwischen beiden und bei gutem Anschluss an die Unterlage von Beton oder Mauerwerk keiner besonderen Sicherheitsmaassregeln, als dass die Dichtigkeit durch sorgfältigste Bearbeitung gewonnen wird. Ausserdem pflegt man bei grossem Gefälle zweckmässig den Abfall zu theilen und den oberen Theil oberhalb der Thorkammer anzubringen, s. Fig. 1, Taf. L. Es gewinnen dadurch die Thorflügel des Oberhaupts eine günstigere Form, die etwaigen Umläufe sind bequemer anzubringen (s. § 19) und die Construction wird wesentlich erleichtert, weil der obere Abfallboden keinen Horizontaldruck erleidet.

Schliesslich ist von den steinernen Böden noch allenfalls die Einrichtung der Vorböden zu erwähnen. Hierbei kommt namentlich in Frage, ob in den Vorschleusen Dammfalze angeordnet sind oder nicht. Im ersteren Falle ist bei gewölbtem Boden ein horizontal liegender Falz anzubringen, s. Fig. 16, Taf. LI, während bei ungewölbtem Boden nur für eine völlig ebene Fläche zum Auflegen des untersten Dammbalkens zu sorgen ist. Uebrigens erfordert der Vorboden keine weitere Vorsicht, als dass alle Ecken und Kanten mit Quadern eingefasst sein müssen. Diese im Grundriss gewölbartig anzuordnen, hat keinen Werth.

§ 10. Hölzerne Wände. Wie in § 5 bereits erwähnt, ist die Anwendung hölzerner Seitenwände zwar eine beschränkte, jedoch unter Umständen besonders zweckmässige. Wenn auch wegen verhältnissmässig zu schwieriger Construction und zu geringer Dauer grössere und besonders wichtige Seeschleusen, oder wegen der zu geringen Dichtigkeit der Seitenwände alle frei im Flusse liegenden Schleusen von vorn herein von der Holzconstruction ausgeschlossen bleiben, so werden namentlich Canalschleusen, deren Bedeutung für eine grössere Zeit noch nicht feststeht, also z. B. die in Moorcanälen anzulegenden Schleusen, weit zweckmässiger ganz in Holz construirt als ganz oder zum Theil in Stein. Dazu kommt, dass Moorcanalschleusen sehr oft

auf weichem Untergrunde gebaut werden müssen. Eine Schleuse mit hölzernen Seitenwänden belastet aber den Untergrund in keiner Weise mehr, als es früher der an ihrer Stelle belegene Boden that, wenn sie nicht etwa im Auftrage oder mit ihrem Oberwasser höher als das alte Terrain liegen sollte. Aber selbst dann würde eine Holzschleuse nicht unangemessen erscheinen, denn die Fundirung einer solchen braucht nicht stärker zu sein, als dass sie eine Versackung der einzelnen Schleusentheile durch den wechselnden Druck des Wassers verhindert, während die Last des eigentlichen Bauwerks ganz unbeachtet bleiben kann.

Indem nun allgemein schon bei weichem Untergrund ein geringes Schleusen- oder Canal-Gefälle zweckmässig ist, so kommt ein solches noch besonders der Construction der Holzwände dadurch zu Statten, dass die abwechselnd nass und trocken werdende, also dem Faulen besonders ausgesetzte Fläche kleiner wird und dass die Höhe der Wände überhaupt eine geringere bleibt. Denn es ist nicht zu läugnen, dass der Vortheil einer Holzconstruction wesentlich abnimmt, wenn die Höhe der Wände ein gewisses Maass von etwa 4^m übersteigt, weil alsdann schwere und theuere Hölzer zu den Ständern zu benutzen sind und namentlich auch sehr viel stärkere Verankerungen der Wände nothwendig werden.

Nach diesen und den im § 5 angestellten Erwägungen darf die Anwendung von Holzwänden vorzüglich für kleinere Canalschleusen mit geringem Gefälle und bei weichem Untergrunde als zweckmässig gelten und soll nur unter Voraussetzung solcher Verhältnisse die Construction im Nachstehenden näher beschrieben werden. Als selbstverständlich kann dabei wohl gelten, dass bei hölzernen Wänden auch nur hölzerne Böden und zwar der leichtesten Construction vorkommen.

Ein sehr geeignetes Beispiel einer Holzschleuse bietet die in den Fig. 11 bis 15, Taf. XLIX in einzelnen Theilen dargestellte Binnencanalschleuse zu Papenburg[6]). Diese Schleuse ist auf Taf. XXV in Fig. 6 als II. Verlaat (nach der dort üblichen holländisch-ostfriesischen Benennung) angegeben, aus welcher Figur ebenfalls ein Theil des ganzen Moorcanalsystems dieser Stadt hervorgeht. Es sei dabei bemerkt, dass der untere jenseits der Eisenbahn liegende Theil des Hauptcanals auch für beladene Seeschiffe bis zu etwa $3^m,6$ Tiefgang fahrbar ist, und zu der auf Taf. XLIX mitgetheilten Schleuse an der Ems führt.

Die meisten Binnenschleusen dieses Moorcanalsystems, sowie viele ähnliche in Ostfriesland und Holland haben im Durchschnitt nur etwa 1^m Gefälle, dabei eine Drempeltiefe von etwa $1^m,9$. Ebenso wie diese Tiefe für die kleinen, zur Abfuhr des Torfes aus den oberen Canalstrecken dienenden Schiffen reichlich bemessen ist, indem dieselben nur etwa 1^m tief gehen, ist auch die Breite der Schleusen nach dieser Hinsicht übermässig gross, nämlich $6^m,6$ zwischen den Thorständern, während für die Torfschiffe etwa 4^m genügt hätte. Diese grösseren Maasse sind aus dem Grunde gegeben, um den seiner Zeit sehr schwungreich betriebenen Bau hölzerner Seeschiffe auch in den oberen Strecken des Canals ausüben zu können. Schiffe bis zu 300 Tonnen wurden nämlich in grosser Zahl dort noch vor etwa einem Jahrzehnt gebaut, in einem Jahre sogar 30 derselben, und leer in die Ems geschafft. Die Kammer der Schleuse hat ferner die grosse Weite von $8^m,9$ und eine Länge von 26^m ausser dem oberen Hinterboden und dem unteren Thorkammerboden erhalten, um gleichzeitig 4 gewöhnliche Torfschiffe (sog. Mutten) durchschleusen zu können. Die Schleuse ist also eine Kesselschleuse, und es erscheint in diesem Falle diese in Deutschland seltene Anordnung deshalb gerechtfertigt, weil jene Torfschiffe in der Zeit der Torfverschiffung stets in grosser Zahl hintereinander fahren.

Die Construction der Schleuse ist mit der grössten Sparsamkeit durchgeführt, was wohl allein daraus hervorgeht, dass die ganze Schleuse mit allen Nebenarbeiten

[6]) Die wasserbaulichen Anlagen der Stadt Papenburg, von L. Franzius. Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XII.

nur 18 900 Mark gekostet hat. Die Ausführung geschah ferner nach vorheriger Anfertigung der Thore, der Drempel und aller Verbindungstheile, wie Zapfen u. s. w. in weniger als 8 Wochen. Diese Eile war geboten, um den Schiffahrtsbetrieb sowie auch den zu beiden Seiten der Schleuse stattfindenden Strassenverkehr so wenig als möglich zu stören. Es ist wohl ohne Weiteres klar, dass eine derartige billige und rasche Bauweise nur bei Holzconstruction möglich ist. Dabei darf dieselbe in ähnlichen Fällen keineswegs als zu unsolide gelten, wie sich z. B. die älteren und nicht einmal so gut gebauten Papenburger Holzschleusen, unter mehrfacher Erneuerung der Thore und des oberen Theils der Wände, in ihrem grössten Theile einige Menschenalter hindurch gehalten haben. Wie nämlich die Fig. 11 und 12 zeigt, liegt fast sämmtliches Holz unter dem Oberwasser, welches bei der grossen Frequenz so gut wie dauernd angesehen werden kann. Dass das Oberwasser etwa $0^m,5$ unter der Oberkante der Seitenwände und Strasse steht, erscheint auffallend, ist jedoch durch den constanten Stand desselben und das baldige Ansteigen der Ufer nach oben hin motivirt. Um nämlich selbst bei starkem Wasserzufluss des Canals von dem etwa 5000^{Ha} grossen Moorgebiet in den oberen Haltungen keine Anschwellung zu bekommen, sind die Thore der Schleusen nur bis zur Höhe des normalen Spiegels verkleidet und ausserdem mit verhältnissmässig grossen Schützen versehen. Auf diese Weise wird der Wasserstand theils selbstwirkend, theils mit etwas Nachhülfe durch die Schleusen normirt, so dass nur fast unmerkliche Schwankungen eintreten. In der untersten Haltung allerdings kann bei hohem Aussenwasser der Ems und grossem Zufluss von oben eine zeitweilige Ueberschwemmung nicht verhindert werden.

Ist schon demnach das Holzwerk der Schleuse fast gänzlich von dem ohnehin conservirenden Moorwasser bedeckt, so ist durch die Construction der Wände leicht Gelegenheit gegeben, nach etwaigem Abfaulen der oberen bis zum Unterwasser reichenden Theile durch Abschneiden der Ständer in dieser Höhe das untere gesund gebliebene Holz zu erhalten und nur etwa in $1^m,5$ Höhe eine Aufständerung vorzunehmen. Dabei werden sogar dieselben Verankerungen bestehen bleiben können. Diese gewähren bei der vollständig geschlossenen Construction durch Zugstange und Strebe eine fast absolute Sicherheit. Der Fuss der Wandständer stützt sich in der grössten Länge der Kammer, besser als es der in Fig. 12 gegebene Querschnitt zeigt, ausser mit dem Zapfen noch mit dem vollen Holze gegen die aus Fig. 13 hervorgehenden Spannbalken, mit denen der Boden hauptsächlich deshalb versehen ist, um dazwischen eine Rollschicht von Klinkern zum Schutz des Bohlenbelags anbringen zu können. Im Vergleich zu dieser höchst einfachen Construction der eigentlichen Seitenwände als aufgeständertes Bollwerk muss die zuweilen angewandte Construction mit eingerammten Wandpfählen als unzweckmässig bezeichnet werden. Es ist dabei nämlich in keiner Weise ein so guter dichter Anschluss des Bodens an die Seitenwände zu erreichen und wird die Stabilität der sich gegen den Boden stützenden Ständer durchaus nicht von der der eingerammten Pfähle übertroffen. Es verhält sich in dieser Hinsicht ein gewöhnliches freistehendes Bollwerk wesentlich anders, als die Wand einer mit festem Boden versehenen Schleuse.

Die Sicherung des Thorständers gegen den Druck und Zug der Thorflügel, deren Befestigung in Fig. 11, Tafel LIII angegeben, ist wesentlich mit Hülfe der fast bis zum Oberwasser reichenden Querspundwand beschafft, indem auf derselben ein 5^{cm} starker eiserner Zuganker liegt, welcher den Thorständer und den hinter der Spundwand stehenden Pfosten verbindet. Ausserdem ist eine gegen zwei hinter der

Wand stehende Pfähle sich stützende Spreitze direct gegen den Druck der geschlossenen Flügel angebracht, und wirken endlich die in der Vorschleuse vor den Wandständern liegenden und mit dieser verkämmten Streben, sowie die oberen Wandholme, mit denen der Thorständer ebenfalls fest verbunden ist, sowohl dem Zug als dem Druck entgegen. Vergl. Fig. 11, 13 und 14.

Die einzige etwaige Schwäche einer Schleuse mit Holzwänden liegt vorzugsweise in der verhältnissmässig geringen Dichtigkeit der Wandbekleidung. Man kann indessen hierbei durch sorgfältige Bearbeitung der Bekleidungsbohlen, die trocken angebracht nach der Füllung der Schleuse noch etwas quellen, sowie durch Hinterfüllung mit fettem Thon, diesem Uebelstande sehr wirksam entgegen treten, wobei der geringe Wasserdruck ebenfalls wieder sehr von Bedeutung ist. Die Anbringung von hohen Querspundwänden neben den Thoren erscheint aber in dieser Hinsicht trotzdem unerlässlich.

Nach allem diesem darf die Herstellung hölzerner Wände unter den geeigneten Verhältnissen sehr empfohlen werden, indem eine solche Schleuse dasselbe leistet wie eine massive, kaum den fünften Theil derselben kostet, und bei etwa gesteigertem Bedürfnisse leicht beseitigt und durch eine grössere Schleuse ersetzt werden kann.

§ 11. Steinerne Wände. Dieselben sind nach § 5 anwendbar sowohl bei hölzernen Böden als auch bei steinernen. Es ist dabei schon erwähnt, dass gerade die letztere Anordnung sehr grosse Vortheile für die Stabilität oder die nothwendige Stärke der Mauern bietet. Es darf nochmals kurz gesagt werden, dass alle Schleusenmauern wegen ihrer grossen Bedeutung überhaupt, und speciell für die Beweglichkeit der Thore und die Erhaltung der Lichtweite der Schleuse unbedingt gegen jedes Ueberweichen zu schützen sind, dass sie ferner durch den häufigen Wechsel des Wasserstandes vor ihnen und in ungünstigen Fällen auch des in der Erde hinter ihnen befindlichen Wassers ungünstiger situirt sind als Ufermauern mit constantem Wasserstande, doch darf ebenfalls nicht vergessen werden, dass eine Schleusenmauer, abgesehen von den Flügeln, mit ihrer Basis fast absolut unverrückbar gegen Verschiebung gesichert ist. Dieses ist aber ein so grosser Vorzug gegen freistehende Ufermauern, dass die erwähnten Nachtheile wohl dadurch aufgewogen werden. Dennoch mag wegen der Bedeutung der Mauern immer die von Minard aufgestellte Regel bestehen bleiben, dass den Schleusenmauern je nach den Umständen 40 bis 45 Procent ihrer Höhe als mittlere Dicke gegeben werden soll. Es ist jedoch bei Böden mit verkehrtem Gewölbe dann nur die freistehende Höhe, also bis zur Kämpferlinie, zu rechnen.

Ueber die Dichtigkeit und Wetterbeständigkeit des Mauerwerks und des hierfür besonders in Betracht kommenden Materials ist im § 5 das Erforderliche gesagt. Es handelt sich also hier nur noch um die Formen im Allgemeinen und die einzelnen Constructionen im Speciellen.

In allen Fällen ist es zwar für die Stabilität günstig den äusseren Mauerflächen eine Neigung, etwa von $^1/_{15}$ bis $^1/_{10}$ zu geben. Dies würde jedoch in den Thorsäulen wegen der Vergrösserung der kostspieligen Thorflügel, sodann wegen der ungünstigen Linien des oberen Ufers auch in den Thornischen unzweckmässig sein; es muss deshalb hier im Allgemeinen die senkrechte Vorderfläche gewählt werden. Auch kann bei Canalschleusen, bei denen es auf einen möglichst sparsamen Wasserverbrauch ankommt, räthlicher sein, die Schleusenkammer so eng zu halten wie es nur eben die Schiffahrt gestattet, und muss alsdann ebenfalls von einer Böschung

der Kammermauern abgesehen werden. Endlich ist nicht zu verkennen, dass auch der Gebrauch der im § 13 zu beschreibenden Dammfalze bequemer wird, wenn diese in senkrechten Mauern liegen.

Da nun auch bei Canalschleusen die Höhe der Mauern selten über 5^m hinausgeht und hierbei der Vortheil der Böschung oft weniger wiegt, als die unbequemere Gestalt der oberen Uferlinien und die einfachere Construction, so werden meistens alle kleineren Schleusen mit senkrechten Wänden hergestellt. Dagegen wird es fast stets bei grossen Seeschleusen, deren Mauerhöhe über dem tiefsten Punkt des Bodens oft reichlich 12^m beträgt, die Regel sein, alle aus obigen Gründen senkrecht zu gestaltenden Vorderflächen etwa mit $^1/_{15}$ zu böschen.

Dies ist auch bei den meisten grösseren auf Taf. XLIX bis LI dargestellten Schleusen geschehen. An dem Aussenhaupte wie auch dem Binnenhaupte der Papenburger Schleuse jedoch wurde deshalb davon Abstand genommen, weil ausser den Thorsäulen, Thornischen und den mit Dammfalzen versehenen Vorschleusen nur die Flügel vorhanden sind. Diese sind daher nur zum Theil geböscht, soweit es ohne entgegenstehende Opfer geschehen konnte.

Nach Bestimmung der Aussenseite wird zunächst die obere Dicke festzusetzen sein, indem hiervon die übrige Dicke und die Form der Hinterseite zum Theil abhängt. Die obere Dicke muss aber mit Rücksicht auf etwaiges Anstossen von Schiffen nicht unter ein hiergegen genügend schützendes Maass genommen werden und zwar bei Binnenschleusen nicht unter 0,6 bis 1^m und bei Seeschleusen nicht unter 1 bis $1^m,5$ je nach der Grösse der Schleusen. Dass die Stärke der Thorsäulen nach der Zugkraft in den Verankerungen zu bestimmen ist, kann hier mit Bezug auf § 17 zunächst übergangen werden.

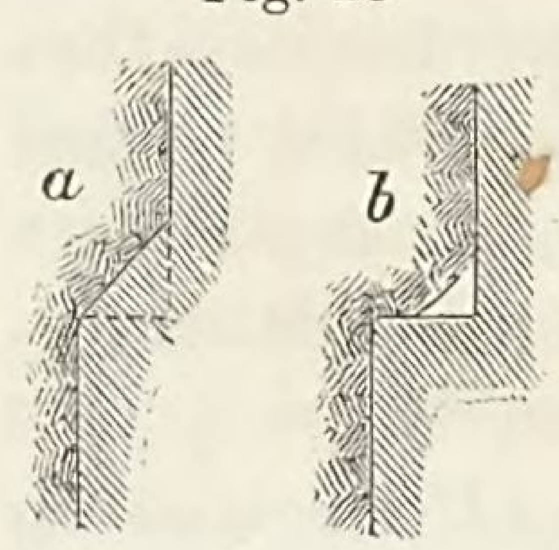
Die Rückseite der Seitenmauern muss vor allen Dingen so angelegt werden, dass ein dichtes Anschliessen der Hinterfüllungserde erfolgt und die Bildung von Wasseradern zwischen Ober- und Unterwasser neben dem Bauwerk unmöglich gemacht wird. Es ist wohl unzweifelhaft, dass die nach der Anbringung sich noch Jahre lang setzende Hinterfüllungserde am vollkommensten verbunden und mit dem Bauwerk in Berührung bleibt, wenn die hintere Fläche desselben eine einzige Neigung besitzt, wie z. B. bei der Mosel-Schleuse Fig. 8, Taf. L geschehen ist. Um aber die Breite des theueren Fundamentes nicht zu sehr zu vergrössern und weil ferner bei Anwendung von Backsteinen die Herstellung einer glatten geneigten Fläche schwierig oder wenigstens mit gewissen Extrakosten verbunden sein würde, so treppt man in der Regel bei grösseren und in Backstein gebauten Schleusen die Hinterfläche in der oberen Hälfte mehrfach ab und lässt die untere Hälfte steil, wenn man sich nicht besonderer Constructionen (s. § 12) bedient. Vergl. z. B. Fig. 4 Taf. XLIX, Fig. 13 Taf. L, sowie Fig. 3 und 10 Taf. LI.

Dass eine Unterschneidung der Seitenmauern an dem unteren Theile der Hinterfläche, wie sie zur Materialersparung bei stark nach vorn gerichteter Drucklinie wohl für gewöhnliche Stützmauern angewandt wird, für alle Schleusenmauern absolut verwerflich ist, kann wohl unter Hinweis auf die vorhin genannte Bedingung, dass ein möglichst dichtes Anschliessen der Hinterfüllungserde angestrebt werden müsse, als selbstverständlich gelten. Dagegen kann es bei sehr starken Mauern zur Kostenersparung wohl zugelassen werden, ähnlich wie in Fig. 15 und 16, Taf. LI bei der Geestemünder Schleuse geschehen, in dem hinteren Theile des Mauerwerks Höhlungen auszusparen und diese mit billigem Material, dort z. B. mit 9 Theilen Sand und

1 Theil Mörtel, auszufüllen. Man wird jedoch hiermit der Wasserdichtigkeit wegen niemals so weit gehen dürfen als bei gewöhnlichen Ufermauern.

Um die Abtreppungen hinsichtlich der Bildung von Wasseradern möglichst unschädlich zu machen, füllt man dieselben wohl nach Fig. 18 *a* aus. Denn es muss

Fig. 18



als wahrscheinlich gelten, dass die Hinterfüllungserde in der nebenstehend bei *b* gezeichneten Weise sich nicht dichtschliessend in den rechtwinkligen Raum an die Mauer legen, sondern eine gewisse Fuge offen lassen werde. Je grösser dann der Wasserdruck und je löslicher die Hinterfüllungserde, desto leichter bilden sich dadurch, besonders in grösserer Tiefe, Wasseradern hinter der Mauer aus. Solche Abschrägungen sind in Fig. 4, Taf. XLIX zwar nicht gezeichnet, jedoch bei der Ausführung durchweg angebracht. Ausser den Abschrägungen wendet man ferner die Vorsichtsmaassregel an, alle Abtreppungen in horizontaler Richtung mehrfach zu unterbrechen. Dies geschieht z. B. in sehr einfacher Weise dadurch, dass die sich hinter zwei verschiedenen, aber aneinander grenzenden Mauerfluchten befindenden Abtreppungen nicht in einer gleichen Höhe zusammentreffen, dass also die Abtreppungen des einen Mauertheiles sich an dem anderen todtlaufen. Wirksamer ist es jedoch, an gewissen Stellen ausserdem völlig senkrechte Rücksprünge oder sog. Hinterpfeiler anzubringen, welche sämmtliche, sich an der übrigen Mauer etwa gebildet habende Wasseradern völlig abschneiden. Solche Hinterpfeiler sind ausserdem für die Verankerung der Thorflügel gradezu unentbehrlich und werden deshalb zunächst hinter der Thorsäule angebracht und von da aus in entsprechenden Entfernungen an anderen geeigneten Punkten wiederholt. So sind z. B. in Fig. 2, Taf. XLIX unter den in die Deichkrone zurückspringenden Deckplatten der Mauer auch solche senkrechte Pfeiler aufgemauert, wie aus Fig. 4 ebenfalls hervorgeht. Ebenso befinden sich am Binnenhaupt die in Fig. 6 ersichtlichen Hinterpfeiler hinter den Thorsäulen. An der in Fig. 2 bis 4, Taf. L dargestellten Schleuse sind ausser hinter der Thorsäule des Oberhauptes noch drei senkrechte Pfeiler hinter der Schleusenkammer angebracht.

Bei den an der Nordsee liegenden Schleusen des Amsterdamer Canals Fig. 2, Taf. LI sind an der nördlichen Seite neben der Entwässerungsschleuse sogar ausser den Hinterpfeilern der Thorsäulen noch zwei spundwandartige Mauern angewandt, weil hier auf einer kurzen Entfernung von etwa 20^m der ganze Wasserdruck von etwa 3^m bei Sturmfluth wirksam ist. An der südlichen Seite wiederholen sich diese Mauern je einmal an dem Aussenhaupt und Binnenhaupt der dort liegenden Kammerschleuse.

Von den Detailconstructionen der steinernen Wände ist zunächst besonders die Herstellung der Wendenische zu besprechen. Die äussere Form derselben ergiebt sich aus § 6, S. 866 und der auf S. 874 befindlichen Figur. Für die Ausführung empfiehlt es sich, wie aus den verschiedenen Beispielen auf Taf. XLIX bis LII, sowie aus Fig. 19, Taf. XLII zu ersehen, grosse in gutem Verbande liegende Quader von vorzüglicher Güte hierzu zu verwenden. Dieselben müssen sämmtlich vor dem Versetzen die dem Thorrücken entsprechende Form erhalten, jedoch zweckmässiger nur erst in blosser Bearbeitung mit den geeigneten Hämmern u. s. w. als bereits mit geschliffenen Flächen. Das Abschleifen geschieht am besten erst dann, wenn die ganze Nische aufgemauert und der untere Zapfen versetzt ist, der Halsring für den oberen Zapfen aber in richtiger Lage angepasst werden kann. Vergl. § 17. Alsdann wird

die Drehachse des geschlossenen (nicht des geöffneten) Thores durch eine stramme Schnur genau lothrecht bestimmt und auf ihr eine um ein gewisses Maass schwächere Schablone in der ganzen Nische auf und niedergeführt, um zunächst alle vortretenden Stellen erkennen und abarbeiten zu können. Danach kann, etwa mit einem den Thorrücken genau darstellenden harten Holzstück von mässiger Länge oder mit sonst geeigneten Mitteln, die Nische leicht ausgeschliffen werden. Die einzelnen Quader vor dem Versetzen zu schleifen führt fast zweifellos zu doppelter Arbeit. Wegen der Excentricität der Drehachse wird das geöffnete Thor in der so hergestellten Wendenische sicher mit dem gewählten Spielraume passen. Das Ausschleifen ist nöthig, damit ein wasserdichter Anschluss des geschlossenen Thores erfolge und nicht trotz der Excentricität bei dem Beginne der Drehung noch eine schädliche Reibung eintrete.

Wenn die Wendesäule nur aus einzelnen Segmenten besteht, oder sich nur wie bei den Schleusen des Amsterdamer Nordseecanals mit zwei Holzleisten an die Nische lehnt, so ist die Bearbeitung derselben entsprechend einfacher.

Mit ähnlicher Sorgfalt, wenn auch ohne Ausschleifung, sind die Dammfalze zu bearbeiten. Endlich muss als Regel gelten, dass alle Kanten wie z. B. der Dammfalze mindestens mit 3^{cm} Radius, die der Vorschleusen und Einfahrten aber besser mit 0,1 bis 1^{m} Radius abgerundet werden. Bei grossen Seeschleusen, z. B. der Geestemünder nach Fig. 11, Taf. LI, gebraucht man sogar die Vorsicht, die Ecken mit etwa 1^{m} abzurunden und ausserdem etwa bis zum Niedrigwasser ganz mit Holz zu verkleiden, damit sowohl die Schleuse als auch die Schiffe möglichst geschützt werden. Ueber den Schutz durch sog. Fender siehe § 13 und 22.

Die Mauern müssen mit grossen und starken Deckplatten abgedeckt werden, denen zum sicheren Betreten zweckmässig an der abgerundeten Kante ein kleiner vortretender Wulst gegeben wird.

Endlich sind in Kammerschleusen in geeigneter Höhe Ringsteine zum Festhalten und Fortbewegen kleinerer Schiffe anzubringen.

§ 12. Besondere Constructionen von Böden und Wänden. Da bei den Kammerschleusen die eigentliche Kammer in der Regel mehr als die Hälfte der Länge des ganzen Bauwerks einnimmt und, wenngleich im Detail weniger complicirt als die Häupter, doch einen sehr bedeutenden Theil der Gesammtkosten ausmacht, so ist es stets zu erwägen ob nicht dieser Theil der Schleuse in einfacherer und billigerer Weise hergestellt werden könnte. Wenn jedoch erst einmal die Anordnung eines dichtschliessenden steinernen Bodens und stabiler Seitenmauern angenommen ist, so lässt sich ohne Nachtheil für die Solidität dieser beiden Haupttheile der Kammer hieran keine Ersparung an Material gegen die in den § 9 und 11 aufgestellten Regeln mehr vornehmen. Denn der gemauerte Steinboden verlangt Dichtigkeit, weil er sonst selbst in Gefahr kommt, wenn auch langsam so doch mit der Zeit sicher zerstört zu werden; ebenso müssen die Seitenmauern im vollen Maasse den Ansprüchen der Stabilität unter schwierigen Verhältnissen genügen.

Es fragt sich jedoch, ob denn unbedingt beide Theile für die Wirksamkeit der Schleuse erforderlich sind. Dies kann in manchen Fällen verneint werden und zwar bald nur für einen, bald für beide Theile. Wenn die beiden Häupter an ihrer Grenze mit der Kammer durch Querspundwände im Boden genügenden Abschluss erhalten, so hat der Kammerboden selbst gar keine Bedeutung mehr, so lange er nur tief genug und ohne jedes Hinderniss für die passirenden Schiffe ist. Falls

sogar auf dem Umwege um die Häupter herum durch den natürlichen Erdboden sich kleine Wasseradern ausbilden und in dem ungedichteten Kammerboden aufquellen, so würde erst dann ihr Vorhandensein nachtheilig werden, wenn entweder dadurch in der Schleusenkammer der Wasserspiegel nicht nach Belieben niedrig oder hoch zu halten wäre, durch das Aufquellen lästige Ablagerungen entständen, oder wenn endlich die Wasseradern den Bestand der seitlichen Erdmassen neben der Schleuse in Gefahr brächten. Schon aus dem Bestehen zahlreicher Dock- und Schutzschleusen, welche nur ein einziges Haupt haben, und wobei der ungedeckte Boden vor oder hinter demselben sich genau so verhält wie der ungedeckte Kammerboden einer Kammerschleuse, ist aber erwiesen, dass diese Gefahren, bei übrigens zweckmässiger Anlage der letzteren, wenig zu fürchten sind.

Aehnlich verhält es sich mit den Seitenmauern hinsichtlich der Sicherheit der ganzen Anlage. Wenn sie fehlen, so bestehen gewissermaassen zwei selbständige Häupter hintereinander, welche entweder abwechselnd den vollen und grössten Wasserdruck zu ertragen haben oder welche sich durch Vertheilung des grössten Unterschiedes der Wasserhöhen gegenseitig unterstützen. Dies ist z. B. der Fall bei Kammerschleusen, bei denen nur bis zu einer gewissen Höhe des Aussenwassers durchgeschleust, bei einer grösseren Höhe aber in der Kammer annähernd ein mittlerer Stand gehalten wird.

Das Vorhandensein von steilen Kammerwänden kann jedoch erwünscht und nothwendig sein, um das zum Durchschleusen erforderliche Wasserquantum auf ein Minimum zu reduciren und ebenso auch an Zeit für das Durchschleusen zu sparen. Der erstere Fall kann nur bei Canalschleusen wasserarmer Haltungen oder bei solchen Schleusen in Frage kommen, die gegen höheres Aussenwasser ein möglichst niedrig zu haltendes Binnenwasser abschliessen. Die andere Absicht lässt sich in gewissem Maasse auch durch Vergrösserung der zum Füllen und Leeren der Kammer dienenden Oeffnungen erreichen. Wo aber diese beiden Umstände nicht einmal in Frage kommen, darf unbedenklich auch die Kammer ohne steile Mauern hergestellt werden.

Selbstverständlich kann noch bei Weglassung eines festen dichten Bodens die Anordnung von Seitenmauern zweckmässig sein, während wohl umgekehrt ein fester Boden ohne solche Seitenwände keinen Sinn haben würde. Es kommen deshalb sowohl Mauern vor, welche nur künstlich gebildete Seitenwände, Mauer oder Holzwand, dagegen keinen entsprechenden Boden haben, als auch solche, welchen beide Theile fehlen und wobei statt derselben nur in sehr einfacher Weise eine Sicherung gegen die Angriffe des bei dem Füllen und Leeren oder durch Wind bewegten Wassers gegeben ist.

Ausser diesen durch einige Beispiele zu illustrirenden Fällen mögen dann noch solche erwähnt werden, bei denen Böden und Seitenwände zwar angewandt sind, wobei jedoch die Constructionen von den gewöhnlichen erheblich abweichen.

Als Beispiel einer Kammer ohne festen Boden und Seitenwände diene zunächst die auf Taf. XLIX dargestellte und bereits im § 2 und 3 besprochene Papenburger Hauptschleuse. Die disponiblen Geldmittel zwangen zur grössten Sparsamkeit. Dazu kam, dass nach dem Binnenhaupte hin der Untergrund etwa 4 bis 5^m tief unter der nöthigen Sohlentiefe aus völlig weichem Moorschlamm bestand, dass also massive Seitenwände eine sehr theuere Fundirung veranlasst haben würden. Es wurde deshalb nur die Anbringung kräftiger oben etwa $2^m,5$, unten reichlich $3^m,5$ starker nach der Kammer hin nur etwa wie 1:2 geböschter Buschwände angeordnet, deren ein-

zelne Schichten zur Vermeidung eines Rutschens nach hinten geneigt und zur Dichtung gegen Ausspülung mit guter Klaierde ausgestampft waren. Diese Wände beschweren den Boden am wenigsten und stützen die hinterliegende Erde wirksam. Bei etwaigem Nachsenken bedürfen sie nur einer Aufhöhung. Ihre horizontale Oberfläche ist mit gestampften Backsteinbrocken geebnet und bequem gangbar gemacht. Ueber der Höhe der gewöhnlichen Fluth liegt eine einfache Rasenböschung.

Der Boden der Schleuse bedurfte zur Verhütung von Auskolkungen durch die zeitweilig starke Abwässerung von 12000^{Ha}, sowie wegen der Wirkung der Thorschützen eine Abdeckung. Hierzu schien bei der Weichheit des Untergrundes in der Nähe des Binnenhauptes eine $0^m,3$ bis $0^m,6$ dicke Buschschicht mit daraufgelegten roh bearbeiteten $0^m,3$ dicken Sandsteinstücken am vortheilhaftesten, zumal solche Sandsteine sehr billig von der oberen Ems her zu beziehen waren. Die Sohle der Kammer erhielt dabei eine kleine Wölbung. Der Vorhafen ist in ähnlicher Weise mit Busch eingefasst und bis auf etwa 15^m von der Schleuse ab ausgedeckt. Alle diese sehr billigen Constructionen haben sich seit 14jährigem Bestande durchaus gut erhalten.

Bei der auf Taf. LI dargestellten Nordsee-Schleuse des Amsterdamer Canals mussten offenbar die grosse Kammerschleuse und die nördlich danebenliegende Abwässerungsschleuse gemauerte Seitenwände haben, dagegen hat man trotz der verhältnissmässig unbedeutenden Ersparung es nicht verschmäht, an der Landseite der kleinen Kammerschleuse die Kammermauer fortzulassen und durch ein auf einer Klaischicht ruhendes Basaltpflaster aus rechteckig behauenen Stücken zu ersetzen. In gleicher Weise sind auch, wie Fig. 9 zeigt, die Böschungen in der Nähe der Schleusen aussen und innen bis etwas über gewöhnlicher Fluthhöhe gedeckt, während sie oberhalb dieser Höhe nur eine fette Klaischicht auf dem natürlichen Sandboden erhalten haben. Die Böden der Schleusen sind ausser in den Häuptern und in der Abwässerungsschleuse ebenso wie der Canalschleuse in etwa 10^m Abstand von allen Schleusenmauern, zunächst mit einer Buschlage, darauf mit kleineren Steinbrocken und endlich mit einem dichtschliessenden Basaltpflaster versehen. So zweckmässig im Allgemeinen diese Anordnungen, so dürfte wohl das rechteckige Behauen der Basaltstücke einiges Bedenken erregen. Es kann gewiss der Basalt wegen seiner Schwere als sehr geeignet zu solchen Deckungen erscheinen, doch wird ihm, wo die Steine bearbeitet werden müssen und es nicht auf grosse Härte ankommt, wohl ein weniger harter Stein vorzuziehen sein.

In Holland befinden sich zahlreiche Kammerschleusen mit ähnlicher Ausführung der Kammern, wie in den beiden vorigen Beispielen angegeben.

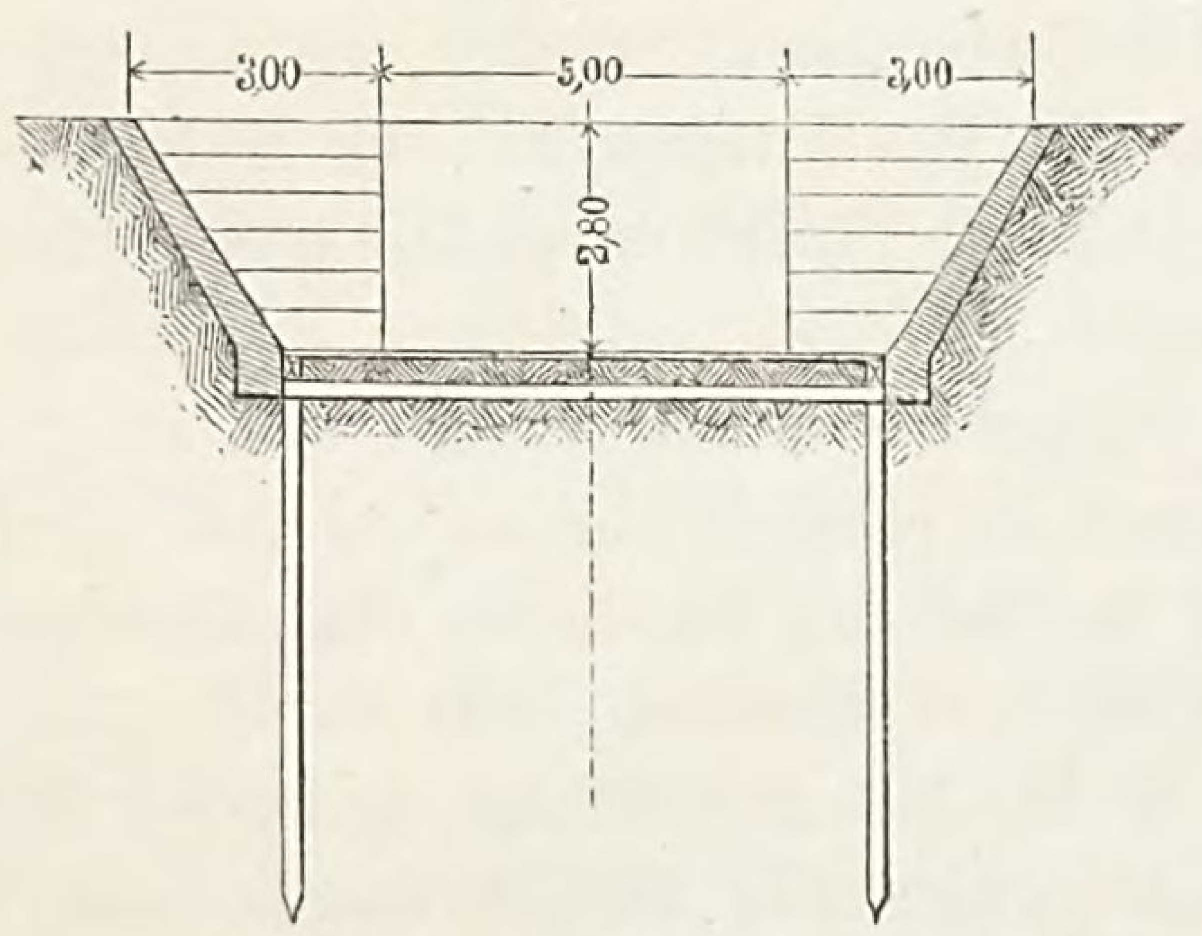
Nachstehendes Beispiel der auf Taf. LII zum Theil dargestellten Schleuse bei Evry ist dem Werke Lagrené's „Cours de navigation intérieure" entnommen. Diese im Jahre $18^{60}/_{61}$ entstandene Schleuse ist zugleich der Typus der auf der canalisirten oberen Seine gebauten Schleusen (vergl. § 3 hinsichtlich der Lage zu dem Wehre). Statt wie bei der Marne die Trennungswand zwischen Schleuse und Fluss aus einer gewöhnlichen Mauer herzustellen, hat man hier zur Ersparung neben der Kammer nur einen Damm construirt. Derselbe setzt sich nach Fig. 4 zusammen aus einem bis etwa 2^m tief in den festen Boden eingelassenen Thonkern, welcher zu beiden Seiten mit gewöhnlichem Boden bedeckt ist. Zum Schutz gegen das bewegte Wasser ist der ganze Körper sodann mit gestampfter Kreide bedeckt und diese Schicht mit trockenen Steinen abgepflastert. Nach der Schleuse hin stützt sich diese Decke gegen

einen Streifen Beton mit einer Spundwand (vergl. Fig. 1), nach dem Flusse hin dagegen nur gegen eine Steinpackung nebst Spundwand. Nach Lagrené hat sich das trockene Pflaster mit der ebenfalls trockenen Kreide nicht gehalten, sondern ist durch den häufigen Wechsel des Wassers ausgewaschen und versackt. Er ist daher der Ansicht, dass statt der Kreide und statt der äusseren Steinpackung ebenso wie unten an der Innenseite hätte Beton verwandt und dass das Pflaster in hydraulischen Mörtel hätte gelegt werden sollen. Dieser Ansicht ist gewiss beizutreten, zumal für den von beiden Seiten gleich exponirten Zwischendamm, welcher eine ungleich höhere Bedeutung hat als die in gleicher Weise gedeckte Böschung der Kammer an der Landseite, von welcher in Fig. 4 grade ein Schnitt durch die kleine neben den Häuptern liegende Treppe gezeichnet ist. Kleine Pflastersteine auf leicht auswaschbarer Unterlage dürfen überhaupt nicht als ein passendes Deckungsmittel für Ufer mit stark wechselndem oder bewegtem Wasser gelten, während hier grosse Steine auf Klai oder einer dichten Buschpackung ungleich grössere Sicherheit bieten.

Die Kammersohle dieser Schleuse ist völlig unbedeckt geblieben. Bei dem guten Untergrund der dortigen Schleusen und dem billigen Mauerwerk jener Gegend ist allerdings die gewählte Construction nicht als unbedingt zweckmässig anzuerkennen.

Eine sehr leichte und für kleine Schleusen unter Umständen sehr nachahmungswerthe Construction theilt Lagrené ferner von der Schleuse bei Mauloy in dem canalisirten Ourcq-Flusse mit. Während die Häupter der Schleusen auf einem gewöhnlichen durch den sehr schlechten Untergrund bedingten Pfahlroste ruhen, welcher freilich unzweckmässigerweise in den Böden mit einer etwa $0^m,5$ dicken Mauerschicht bedeckt ist, besitzt die Kammer nach nebenstehender Fig. 19 geneigte Wände aus einer hochkantigen Schicht Backsteine, welche sich gegen zwei Reihen 4^m von Mitte zu Mitte entfernter und verholmter Pfähle stützen, die durch Spreitzen gegenseitig abgesteift sind. Der Boden ist durch quergelegte auf jene Holme genagelte Bohlen bedeckt.

Fig. 19.



Die allereinfachste Construction der ganzen Schleuse findet sich zufolge Lagrené und den Ann. des ponts et chaussées von 1867. 2. Sem. pag. 309 bei einigen neuern holländischen Schleusen z. B. an einem Zweigcanal der Maas. Es ist dabei nicht allein die Kammer völlig aus Buschwänden und mit ungedecktem Boden gebildet, sondern auch die Thorkammerwände sind völlig weggelassen und nur durch bogenförmig zurückspringende Flügel ersetzt. Um den Schleusenthüren eine Stütze bei geöffnetem Zustande zu geben sind statt der Thornischen nur Düedalben angebracht.

Man kann endlich bei sehr kleinen Canalschleusen für leichte Kähne und bei gutem Boden die sämmtlichen Theile der Schleuse bis auf einen hölzernen Drempel mit einer Spundwand unter demselben und neben den auf dem Drempel stehenden Thorständern beschränken, welche letztere entweder Theile eines Bollwerks sind oder sonst gegen den Zug der Thorflügel gehalten werden. Eine solche Vorrichtung ist nach nachstehender Skizze Fig. 20 (S. 913) von Storm Buysing im II. Theil seiner „Waterbouwkunde“ auf Taf. XXXI angegeben.

Eine höchst eigenthümliche Construction einer grossen Seeschleuse bildet die auf Taf. LI, Fig. 18 bis 21 in dem der Themse zugekehrten Unterhaupt und auf Taf. LIX, Fig. 6 in ihrer

Situation dargestellte Schleuse der Victoria Docks in London. Dieselbe besitzt noch etwas grössere Dimensionen als die Geestemünder Schleuse, ist übrigens nur als Dockkammerschleuse, nicht zugleich als Schutzschleuse eingerichtet. Sie kann jedoch zu Zeiten nach dem Einlassen einer Springfluth bei der darauf eintretenden Springfluth-Ebbe einen Wasserdruck von etwa 5m,5 zu ertragen haben, während in Geestemünde eine solche Wasserdifferenz nicht eintreten kann, da in dem Bassin nahezu die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers gehalten wird. Trotzdem ist der ersteren Schleuse eine sehr viel leichtere Construction gegeben, die zum grossen Theil aus Sparsamkeitsrücksichten, zum Theil dagegen auch aus sehr günstigen Terrainverhältnissen entsprungen ist. Wie Fig. 18 angiebt, liegt die Sohle des Betons schon in dem fast absolut wasserdichten und dabei völlig tragfähigen Thonboden, dem sog. London Clay. Der Boden der Schleuse besteht nun nach Fig. 17 in den Häuptern aus Ziegelmauerwerk, wobei sogar die Drempel nicht aus Werksteinen gebildet, sondern nur mit einer gusseisernen Kante verkleidet sind. Das Mauerwerk des Unterhauptes ruht direct auf dem London Clay, wogegen unter dem des Oberhauptes noch eine Betonschicht liegt. Der Drempel des Oberhauptes liegt nämlich 1m,35 höher und wird nach der Kammer hin durch eine ebenfalls nur aus Backsteinen hergestellte, übrigens abgetreppte Abfallwand begrenzt. Wie Fig. 17 und 19 zeigen, greift das Mauerwerk des Unterhauptes an den Seiten um etwa 1m,5 tiefer in den Boden als in der Mitte. Die Betonschicht in der 24m weiten Kammer ist nur 1m,2 dick und ist mit einer 0m,6 dicken Schicht von Thon bedeckt. Der Grund hierfür ist schwer einzusehen.

Fig. 20.

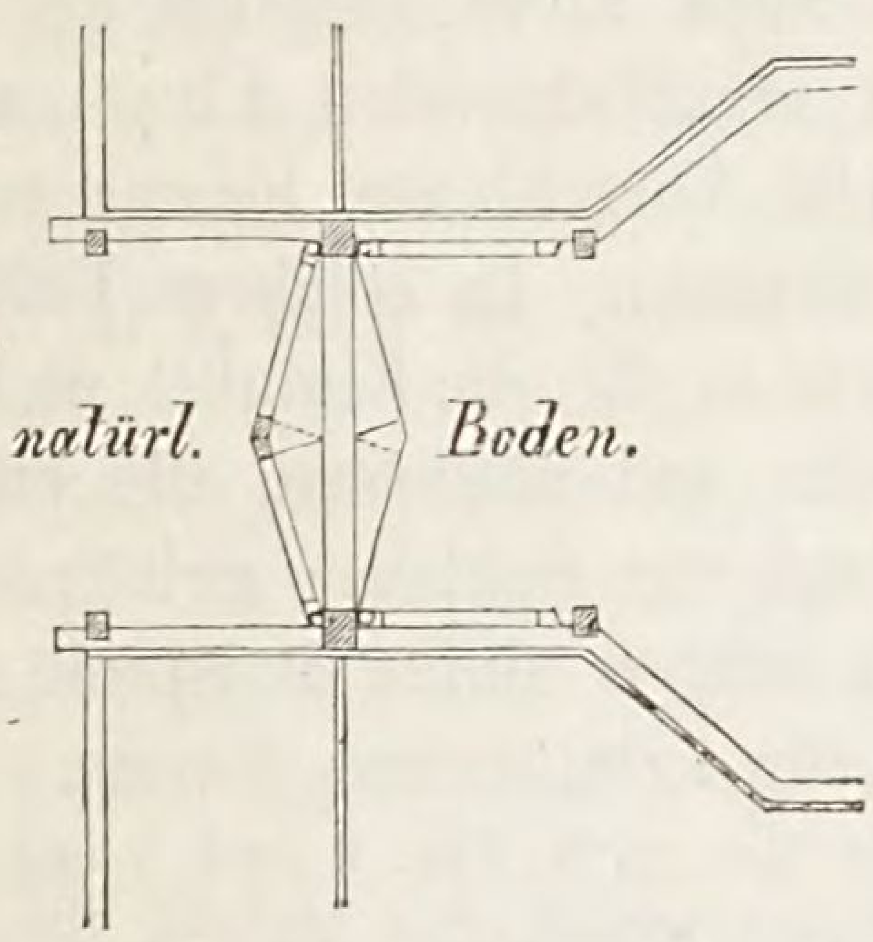
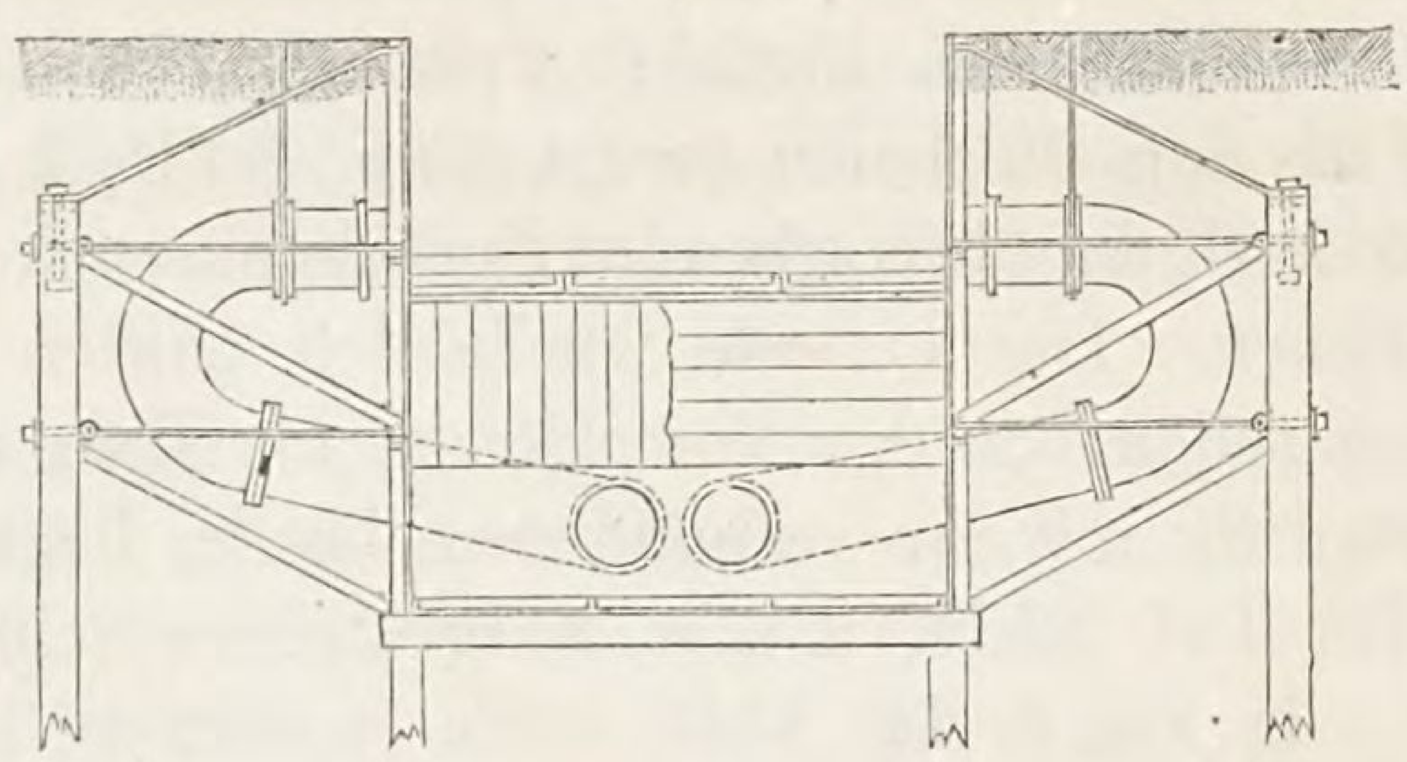


Fig. 21.



Ebenso leicht wie der Boden sind die Wände, namentlich in der Kammer. Die in der Thorkammer und den nächsten Vorsprüngen aus Ziegeln aufgemauerten, mit Klinkern verblendeten und an den Kanten und Wendenischen mit Quadern eingefassten, in der Mitte nur 2m,8 dicken Mauern werden allerdings noch durch eine Hinterfüllung von Beton verstärkt, welche zugleich die aus 1m,5 weiten, gusseisernen Röhren gebildeten und mit Ziegelmauerwerk umgebenen Umlaufscanäle trägt. Diese Betonwand zieht sich nun nach der Kammer sowie nach der Aussen- und Innen-Vorschleuse oder Einfahrt hin als die Hauptwand fort, welche bei 1/6 Anlauf oben 1m,5, unten 2m,7 dick, also etwa 1/5 der Höhe, erhalten hat. Sie wird jedoch etwas verstärkt durch vorgeschlagene, nach hinten jedoch sehr schwach verankerte eiserne Pfähle, welche noch etwa 0m,3 in den London Clay reichen, aber sich namentlich gegen die Betonsohle stützen. Die Pfähle stehen in 1m,8 Abstand von Mauer zu Mauer und reichen etwa bis zur halben Höhe der Wand, von wo ab sie durch Aufständerung verlängert sind. In der unteren Hälfte füllen gusseiserne Spundbohlen die Zwischenräume der Pfähle, in der oberen aber quadratische Platten die der Ständer aus. Hinter der Betonwand liegt eine etwa 1m starke Thonhinterfüllung. Während des Baues sollen erhebliche Ausweichungen der Wände vorgekommen sein, doch stehen sie seitdem über 20 Jahre unversehrt.

Endlich muss noch die ausschliessliche Verwendung von gusseisernen Platten zu Böden und zu Seitenwänden erwähnt werden, welche schon im vorigen Jahrhundert durch Telford auf dem Ellesmere-Canale stattfand. Die vorstehende Skizze, Fig. 21, zeigt einen Schnitt unterhalb des Oberhauptes, so dass man gegen den Abfallboden sieht. Dieser ist zum Schutz gegen das Anstossen der Schiffe zum Theil mit doppelten Holzbohlen verkleidet, während im Uebrigen sämmtliche Boden- und Seitenflächen aus gusseisernen Platten mit den nöthigen Rippen bestehen. Die ganze 4m,5 betragende Weite der Schleuse ist von etwas längeren und 1m,5 breiten Bodenplatten überspannt, welche durch ein leichtes Rostwerk unterstützt werden. Die Seitenplatten sind ebenfalls 4m,5 lang, reichlich 1m,5 hoch, liegen mit verwechselten Stössen und stützen sich unten gegen die Rippe der Bodenplatten. Indem sie untereinander zu einem Ganzen verschraubt sind, wird die durch sie gebildete Wand in sehr geschickter Weise nach hinten verankert. Thornischen, Wendenischen und

Dammfalze sind durch entsprechende Krümmungen in den gegossenen Platten und die Drempel durch Einlegung von Holzschwellen zwischen entsprechende Rippen gebildet. Die Umläufe bestehen aus krummen gusseisernen Röhren, die an den passenden Stellen der betreffenden Platten angeschraubt sind. Die ganze Construction ist in ihrer Art vollendet zu nennen; auch wird eine solche Schleuse selbst in dem schlechtesten Grunde mit Leichtigkeit die nöthige Unterstützung finden. Aber dieser Vortheil ist bei einer Holzschleuse in noch höherem Maasse zu erreichen und stehen übrigens die Vorzüge des Gusseisens vor dem Holze, im Verein mit seinen Schwächen, nicht in dem richtigen Verhältnisse zu den sehr viel grösseren Kosten.

§ 13. Einfahrten, Flügel, Dammfalze, Treppen. Die vorstehenden fast bei keiner Schleusenanlage fehlenden Theile mögen hier zusammengefasst besprochen werden, weil sie in der Regel in einer gewissen constructiven Verbindung miteinander stehen.

Für die Einfahrt einer Schleuse steht der Begriff nicht völlig fest. Man versteht darunter zwar in der Regel denjenigen Theil einer Schleuse, welcher ausserhalb des äusseren oder inneren Thores und dessen Zubehörungen als Thorkammer, Thorsäule u. s. w. liegt und wesentlich nur zum bequemeren oder sicheren Einfahren der Schiffe aus dem Fahrwasser des Canals, Flusses oder Seehafens in die Schleuse dient. Es dient nun sehr häufig die Vorschleuse auch ausschliesslich als die Einfahrt, doch kann auch bei grösseren schwieriger einzufahrenden Fluss- und Seeschleusen sich die Einfahrt weit über die eigentliche Vorschleuse hinaus erstrecken und als sog. Vorhafen (vergl. Cap. XVII, § 5) erscheinen. In solchem Falle ist jedoch nach dem herrschenden Sprachgebrauch die Grenze für die Einfahrt nicht genau zu ziehen. Die weiteste würde den ganzen Vorhafen mit umfassen, die engste dagegen schon bei der Vorschleuse, als dem unbedingt zur Schleuse gehörenden und constructiv mit ihr verbundenen Theile, liegen. Es mögen einige Beispiele aus den in den Taf. XLIX u. s. w. dargestellten Schleusen zur Erläuterung dienen.

In Fig. 6, Taf. XLIX würde in engerem Sinne nur die nach Fig. 2 und 3 eng mit dem übrigen Schleusenhaupt verbundene, zwischen den schräg zusammenlaufenden Mauern liegende Vorschleuse eine Einfahrt genannt werden können. Denn da der Vorhafen hier auch zum Liegen von Schiffen, welche entweder nicht sogleich von dem Flusse in die Schleuse oder von der Schleuse auf den Fluss fahren können, dienen soll, also eine gewisse selbstständige Bedeutung neben der Schleuse oder wenigstens neben der Einfahrt besitzt, so würde es zu weit gerechnet sein, ihn ebenfalls Einfahrt zu benennen. Fast dasselbe gilt von der in Fig. 10, Taf. L dargestellten Weser-Schleuse, indem der obere Vorhafen für 6 Segelschiffe von 35 bis 47^m Länge und 6 bis 7^m,5 Breite, sowie für 1 Dampfschiff von 52^m Länge und 10^m,8 Breite, der untere Vorhafen für ein Dampfschiff und 2 Segelschiffe Raum bietet. Es sind also beide Vorhäfen unter Umständen sogar als Zufluchtshäfen zu benutzen und daher gewissermaassen selbstständige Bauwerke. Trotzdem ist ihr gewöhnlicher Zweck, das bequeme Einfahren vom Fluss in die Schleuse zu erleichtern. Ferner wird bei der in Fig. 22, Taf. LI dargestellten Schleuse zu Harburg aus denselben Gründen der Raum zwischen der Elbe und den schräg zusammenlaufenden Mauern vor der Schleuse als Vorhafen, dagegen der nur mit einem gepflasterten Boden versehene, trichterförmige Raum zwischen diesen Mauern als Einfahrt zu bezeichnen sein.

Bei den in Fig. 2, Taf. L und Fig. 5, Taf. LII dargestellten Schleusen ist nun ausser den möglichst kurz gehaltenen Vorschleusen keine weitere Einfahrt vorhanden, als in dem ersteren Falle eine von der Canalseite her erfolgende Convergenz der Canalufer, während im zweiten Falle die Schiffe nach dem Passiren der schmalen Vorböden sich sofort im offenen Wasser befinden.

Ferner befinden sich auf den Taf. LVII, LVIII und LIX zahlreiche Beispiele von Einfahrten zu Seeschleusen. Es sind darunter mehrere Schleusen wie z. B. die Kammerschleuse in Geestemünde (siehe Fig. 16, Taf. LI), die Kammerschleuse und die beiden Dockschleusen in Bremerhafen, die Kammerschleusen in Wilhelmshafen, Hull, Vlissingen u. A., welche ausser der eigentlichen in der Nähe der Schleuse meist trichterförmig zulaufenden Einfahrt noch einen Vorhafen für mindestens ein grösstes Schiff haben. Ausser ganz localen Gründen, wie z. B. in Geestemünde die Lage der Schleuse zu dem engen Geeste-Flusse, wird in der Regel das Vorhandensein einer starkem Strömung oder die Heftigkeit des Wellenschlages die Anbringung eines Vorhafens für die Einfahrt bedingen. Vergl. Cap. XVII, § 5. Wo dieses entweder nicht der Fall, oder wo statt des Vorhafens ein Halb-

tidebassin sich befindet, wie z. B. bei verschiedenen in Taf. LVII mitgetheilten Docks zu Liverpool, oder endlich wo der Platz zu einem Vorhafen gefehlt hat, ist nur eine kurze Einfahrt ausser der Vorschleuse gegeben, so z. B. bei dem Victoria-Dock in London, dem Northumberland-Dock an der Tyne u. s. w.

Bei den Schleusen des Amsterdamer Canals Fig. 2, Taf. LI ist endlich gar keine besondere Einfahrt angebracht, offenbar weil, wie aus Fig. 6, Taf. LVIII ersichtlich, die Schleusen etwa 1^{Km} weit von der Mündung des Canals entfernt liegen.

Aus den vorstehenden Beispielen geht zunächst hervor, wie mannigfaltig die Bedingungen für die Anlage einer Einfahrt unter Berücksichtigung der verschiedenen Oertlichkeit sind. Da bei den getroffenen Anordnungen dieser Beispiele aber auch das subjective Ermessen der verschiedenen Erbauer einen sehr wesentlichen und keineswegs gleichmässigen Einfluss geübt hat, so mögen unter Bezugnahme auf die Erwägungen im § 4 nachstehende allgemeine Regeln zur Beurtheilung neuer Fälle dienen.

Bei reinen Canalschleusen, wo das Wasser als absolut ruhig angesehen werden kann und man die Schiffe völlig in der Gewalt hat, ist ausser einer Abrundung der Mauertheile der Schleuse keine besondere Einfahrt nöthig. Man lässt zwar in der Regel die Ufer des Canales dicht vor der Schleuse etwas schräg zusammenlaufen. Doch geschieht dies mehr um auf dem Lande einen bequemen und kurzen Weg von dem Canalufer nach den Schleusenmauern zu gewinnen und um die Länge der Schleusenflügel thunlichst einzuschränken, als um dadurch den Schiffen das Einfahren zu erleichtern.

Bei Flusschleusen würde dieses unter Umständen schon nothwendiger sein, namentlich dann, wenn die Schleuse nicht, wie z. B. die Schleuse in Fig. 5, Taf. LII, dicht an einem der Ufer, sondern etwa wie z. B. in Hameln zwischen zwei Wehren liegt. In solchen Fällen also, wo die Strömung des Flusses das Schiff in Gefahr bringen kann, die Schleuse selbst zu verfehlen, muss derselben eine trichterförmige Einfahrt, jedoch nur an dem oberen Haupte gegeben werden. Es wird gewiss in allen Fällen dabei genügen, wenn die Mündung der Einfahrt die doppelte Schleusenweite bekommt und die Länge der Einfahrt etwa gleich der grössten Weite ist. Diese Länge erscheint nöthig, damit die wenn auch sich langsam bewegenden Schiffe doch nicht schädlich gegen die Mauern der Einfahrt stossen, sondern sanft in die Richtung der Schleusenachse geleitet werden. Wenn aber wie in Hameln ein besonderer Vorhafen zur Schleuse führt, so gilt der Vorhafen wie ein Canal mit stillstehendem Wasser und es bedarf dann die Schleuse nicht noch einer besonderen Einfahrt.

Bei allen Seeschiffsschleusen dagegen, welche nicht wie z. B. die Amsterdamer Schleusen in einem völlig geschützten Canale liegen, erscheint wenigstens an der Aussenseite, wo fast stets der Wind und der Wellenschlag noch auf das Schiff einwirken und wo unter Umständen sogar eine quer zur Schleusenrichtung gehende Strömung das Schiff gegen eine Seite zu treiben sucht, die Anbringung einer trichterförmigen Einfahrt nothwendig. Denn schon ein mässiges Seeschiff von etwa 500^{T} ist wegen seiner Masse, wegen des tieferen Wassers, in dem es sich bewegt, und wegen seiner viel grösseren dem Winde ausgesetzten Fläche ungleich schwieriger als passiver Körper, d. h. ohne etwaige Benutzung von Segeln oder Dampf, in eine bestimmte Richtung zu bringen als ein Fluss- oder Canal-Schiff, bei welchem jene Umstände selten zusammentreffen. Vollends aber erfordern die grossen Schiffe von einigen Tausend Tonnen nicht allein sehr viel grössere Anstrengung, sondern auch eine besonders vortheilhafte Form und Richtung der Schleuseneinfahrt.

Man kann annehmen, dass Seeschleusen nur in Ebbe und Fluth haltenden Gewässern vorkommen, ferner dass die Schiffe gewöhnlich kurz vor dem Hochwasser, jedenfalls aber noch bei Fluth einlaufen und auslaufen. Es kommt also ganz vorzüglich die Lage der Einfahrt zur Richtung des Fluthstromes in Betracht. Dabei wird es weniger nachtheilig erscheinen, das Schiff etwas spitz gegen die Richtung dieser Strömung aufwinden zu müssen, als dass das Schiff in seiner vollen Breite von der Strömung gefasst und gegen das aufwärts liegende Ufer getrieben wird. Es muss folglich die Mündung der Einfahrt einen spitzen Winkel mit der Fluthströmung bilden, d. h. stromaufwärts gerichtet sein. So liegen auch z. B. die Mündungen der Vorhäfen oder im weiteren Sinne Schleuseneinfahrten von Bremerhafen, Wilhelmshafen, Vlissingen stromaufwärts. Je weniger diese Richtung gegeben werden kann, desto nothwendiger wird es, die Mündung der Einfahrt weit zu gestalten, damit das Schiff bei dem Ein- oder Ausfahren sich nicht klemmt. Eine grössere Weite, mindestens so, dass zwei grösste Schiffe bequem nebeneinander Platz haben, ist allen Einfahrten in der Mündung dann zu geben, wenn die Schleuse stark benutzt wird, so dass die Schiffe um rechtzeitig ein- und auszulaufen keinen Augenblick versäumen dürfen, sich also oft in der Mündung begegnen müssen. Wo nun Schiffe unter Wirkung der Strömung ein- und auslaufen, wird ein Anstossen gegen die Ufer der Einfahrt nicht immer zu vermeiden sein. Es ist deshalb unbedingt nothwendig, dass ausser möglichst graden Linien nur sanft abgerundete Ecken vorkommen. Dabei werden ausserdem diese Ecken oft noch mit Holz zu verkleiden oder wenigstens mit sog. Reibhölzern zu versehen sein (siehe Cap. XVII, § 10), weil die Berührung des Schiffes mit der Steinwand dem ersteren vorzüglich nachtheilig sein würde. So ist z. B. die ganze Einfahrt zur Geestemünder Schleuse, wie zum Theil aus Fig. 11, Taf. LI zu ersehen, mit Reibhölzern ausgestattet; ebenso die Einfahrten von Bremerhafen. In englischen Häfen sieht man ausserdem sehr oft ganze hölzerne verholmte und mit Bohlenbelag bedeckte Pfahlwerke neben den Schleuseneinfahrten. Dieselben sind jedoch meistens später entstanden, nachdem sich die Einfahrt als zu kurz herausgestellt hatte; sie sind indessen wegen ihrer Elasticität für die Schiffe sehr vortheilhaft.

Als ein nothwendiges Zubehör jeder Einfahrt sind kräftige stehende Winden, siehe Taf. LXI, Fig. 18 anzusehen, welche mindestens an dem vordersten Punkte der Einfahrt, sodann aber auch in mehrfacher Wiederholung an der ganzen Schleuse entlang stehen müssen. Die ein- oder auslaufenden Schiffe werfen Taue ans Ufer, welche dann von der Schleusenmannschaft sofort um die Winden gelegt werden. Auf diese Weise werden die Schiffe nicht allein kräftig vorwärts gezogen oder bei umgekehrtem Bedürfnisse in der Fahrt gehemmt (gestoppt), sondern auch nach Erfordern seitlich dirigirt und vor Anstossen gegen Mauern oder andere Schiffe geschützt.

Endlich müssen in solchen Einfahrten oder richtiger Vorhäfen, in denen die Schiffe unter Umständen eine Zeit lang liegen müssen und wo übrigens keine hohen und festen Mauern zum Anbinden (Vertauen) der Schiffe vorhanden sind, mindestens Dücdalben oder Anbindepfähle im Wasser, Prellpfähle vor den niedrigen oder schrägen Ufern und ausserdem Landfasten oder Landpfosten auf dem Ufer angebracht sein. Diese Einrichtungen sind bis auf die letztgenannten z. B. in Fig. 1 und 2, Taf. XLIX enthalten und im Allgemeinen aus Cap. XVII, § 10 zu ersehen.

Nach der Besprechung der Einfahrten wird es leicht sein, das Erforderliche hinsichtlich der Flügel einer Schleuse zu sagen. Die Flügel stellen den Uebergang von den eigentlichen Schleusenmauern nach den Ufern des betreffenden Gewässers

dar. Wenn diese Ufer selbst mit Mauern oder Holzwänden bekleidet sind, so ist der Uebergang oft ein unbegrenzter, weil die Construction sich nirgends ändert, und die Flügel besitzen dann je nach der Anschauung eine grosse oder geringe Länge. Wo aber die Ufer nur aus Erddossirungen bestehen, wenn diese auch mit Busch oder Steinen bekleidet sind, wird der Flügel nach dieser Richtung hin eine bestimmte Länge erhalten. Von der Schleuse aus rechnet man die nicht etwa noch zur Vorschleuse gehörenden, aber mit der Schleuse übrigens in festem Zusammenhange stehenden Wände zu den Flügeln, obgleich dabei eine scharfe und zweifellose Trennung nicht gegeben ist. So würden in Fig. 2, Taf. XLIX binnen die Mauer von der obersten Treppenstufe an, also einschliesslich der Treppe, aussen dagegen von der untersten Stufe oder einer die beiden Mauerfluchten an der abgerundeten Ecke schneidenden Linie an, also ohne die Treppe, als Flügel zu gelten haben, während aussen die mit der Treppe bedeckte Mauer zur Vorschleuse und binnen der horizontal abgedeckte obere Mauertheil unbedingt zu dem Hinterboden und der Thorsäule gehört. In der Ansicht dagegen werden binnen die von der runden Ecke ab sich nach dem Ufer hin erstreckenden Flächen als zu den Flügeln gehörig bezeichnet. Wenn dagegen keine eigentliche mit der Hauptschleuse einheitlich fundirte Vorschleuse vorhanden ist, wie z. B. in Fig. 22, Taf. LI, so werden die dort ähnlich wie im vorigen Beispiele liegenden divergirenden Seitenmauern schon gewöhnlich zu den Flügeln gerechnet. Es ist also eine Trennung zwischen Vorschleusen- und Flügel-Wänden stets eine etwas willkührliche. Vergl. auch die übrigen Beispiele auf Taf. L und LI.

Die Flügel haben nun unter gewissen Umständen ausser der Vermittelung des Anschlusses an die Ufer und der Gewährung einer bequemen Einfahrt noch wesentlich zu der Sicherung des ganzen Schleusenkörpers gegen das Hindurchziehen von Wasseradern aus dem höheren nach dem niedrigen Wasser hin beizutragen. Sie wirken dann in diesem Sinne wie starke Flügelspundwände hinter den Mauern, liegen zu diesem Zwecke am besten senkrecht zur Schleusenachse und sind unbedingt im Fundament mit dichten Spundwänden zu versehen.

Die Dammfalze dienen zur Abdammung der Haupttheile der Schleuse, namentlich der Thorkammer und der Kammer für etwaige Reparaturen an Thoren, Drempeln u. s. w. Sie liegen zu diesen Zwecken meistens in den Mauern der Vorschleusen, vergl. § 10, bei langen Kammern jedoch auch wohl in diesen, um nach Bedürfniss nur einen kleinen Theil der Schleuse trocken halten zu müssen. Diese Anordnung hat jedoch wenig Sinn, denn sobald der eine Theil der Schleuse abgesperrt ist, wird bei derselben Gelegenheit auch der übrige Theil mit Vortheil nachzusehen sein. Das Ausschöpfen macht bei der Dichtigkeit des Ganzen keinen Unterschied. Selbstverständlich wird dies anders, wenn die Schleuse, wie z. B. die Papenburger Fig. 6, Taf. XLIX, aus zwei getrennt liegenden Häuptern mit dazwischen liegender Kammer aus Busch oder Steinpflaster u. s. w. besteht. Alsdann ist eine Trockenlegung der einzelnen Häupter meistens vorzuziehen und oft unbedingt nothwendig.

Die Dammfalze werden nun je nach der Weite der Schleusen und der Höhe des während der Abdammung zu erwartenden Wasserdrucks einfach oder doppelt gemacht. Im ersteren Falle müssen die in den Falz gesenkten Dammbalken im Wesentlichen allein die nöthige Dichtung und Stärke abgeben, während im zweiten Falle die zwischen den zwei Balkenwänden eingestampfte fette Erde u. s. w. nicht allein die Dichtung, sondern auch die Festigkeit der Abdammung befördert. Wenn die Schleuse weiter als etwa 12^{m} ist und die Abdammung einen höheren Druck als

etwa 2^m zu ertragen hat, sollten die Dammfalze doppelt sein, weil es sonst zu schwierig ist die nöthige Dichtigkeit zu erreichen. Man kann zwar von der Aussenseite durch vorgeschüttete Erde die Dichtung der einfachen Balken vermehren, doch wird bei deren starken Durchbiegung eine Dichtung immer mangelhaft bleiben.

In hohem Maasse kann man jedoch eine einfache Abdammung durch Anbringung einiger Sprengwerke verstärken, welche horizontal liegend sich gegen die inneren Mauertheile stemmen. Um ihre Wirkung auf alle Dammbalken zu vertheilen sind zwischen denselben und den Sprengwerken senkrechte Ständer zu stellen. Bei hohen Wasserdrücken, z. B. wenn während einer Abdammung eine Sturmfluth eintritt, wird es aber auch für doppelte Dammbalken nothwendig, eine Verstärkung anzubringen. Es geschieht dies auch in letzterwähntem Falle für einfache dadurch am leichtesten, dass man in der Mitte der Schleusenweite oder etwa gar an mehreren Punkten einen verticalen Ständer mit einer nach innen gerichteten Strebe anbringt. Es müssten jedoch für diese die entsprechenden Schuhe aus Quaderstücken oder von Gusseisen u. s. w. im Boden vorhanden sein, s. Fig. 16, Taf. LI.

Bei kleinen Canalschleusen sind diese Verstärkungen nicht nothwendig, und genügen dabei meistens Balken von etwa 20 bis 25^{cm} Dicke. Für grössere Seeschleusen reichen unter Anwendung jener constructiven Verstärkungen meistens Balken von 30^{cm} Dicke aus. Die Tiefe der Falze muss mindestens gleich der Dicke der Balken sein. Dabei müssen die Kanten der Falze sorgfältig abgerundet sein, weil sonst auch bei dem besten Stein ein Abspringen erfolgen würde. Endlich muss als Regel gelten, die Dammfalze nur in gutem Werkstein herzustellen und dabei darauf zu sehen, dass die Steine in Folge der Falze nicht brechen. Eine in den übereinander liegenden Schichten bald an der einen bald an der anderen Seite des Falzes liegenden Stossfuge lässt unter Umständen mit Vortheil vermeiden, dass die Quader in ihrer Länge einen vollen Falz erhalten.

Treppen sind an allen solchen Stellen der Schleusen nöthig, wo die Wände von einer grösseren Höhe auf eine geringere heruntergehen, denn es ist durchaus nothwendig, dass nicht allein die Bedienungsmannschaft der Schleuse, sondern auch die Schiffsmannschaften oder das an der Schleuse — wenn dieselbe nicht dagegen abgesperrt wird — verkehrende Publikum ohne Gefahr jederzeit an den beiden Ufern entlang gehen kann. Die namentlich bei grossen Schleusen den Schiffen mit grösster Geschwindigkeit zu gewährenden Hülfsleistungen machen daher besonders bequeme und breite Treppen nöthig. Da nun massive Seitenwände ohnehin stets mit guten Deckplatten abgedeckt werden müssen, so verursacht die Herstellung massiver Treppen dabei wenig besondere Kosten, indem einfach statt der schräg liegenden Deckplatten Stufen angebracht werden. Die Fig. 1, 2 und 5, Taf. XLIX, Fig. 2 und 4, Taf. L, Fig. 2, Taf. LI, geben verschiedene Beispiele hierzu. Ist der Treppenlauf grade und in der Flucht der Hauptmauer, so erscheinen Wangen unnöthig, im anderen Falle jedoch erwünscht. Dagegen ist es wie an der ganzen Schleuse im Uebrigen Regel, keine Geländer anzubringen, weil hierdurch der Dienst zu sehr erschwert werden würde.

Bei einigen Canal- und Flussschleusen kommen auch Treppen von der Kammermauer abwärts bis etwas über den Unterwasserstand vor, um den Schiffern oder Officianten bequeme Gelegenheit zu einer Communication zwischen Schiff und Ufer zu geben. Solche Treppen liegen dann ähnlich wie in Trockendocks parallel zur Seitenwand. Es muss jedoch diese Anordnung in allen Fällen, wo nicht etwa die

Schleusenkammer als Anlegeplatz für Passagiere gilt, wie z. B. bei der holländischen „Treckschuiten"-Fahrt, als fast überflüssig und für den Verkehr auf der Schleuse als gefährlich bezeichnet werden. Es genügt vollkommen für den erstgedachten Zweck in einer dammfalzartigen, etwa 0m,5 breiten und 0m,3 tiefen Nische eine eiserne Steigeleiter anzubringen.

Ueber die Anbringung von Laufbrücken über den Thoren ist in § 6 sowie gelegentlich der Beschreibung verschiedener Thore in § 14 und 15 das Nöthige gesagt. Von fahrbaren Brücken ist in § 21 die Rede.

§ 14. Hölzerne Drehthore. Unter Bezugnahme auf die §§ 6 und 7 und unter Hinweis auf die Taf. LIII und LVI lassen sich die zweckmässigen Constructionen der hölzernen Drehthore kurz beschreiben. Es muss dabei von solchen Anordnungen abgesehen werden, die entweder ganz allgemein oder wenigstens mit Rücksicht auf die vortheilhaftere Anwendung einer Eisenconstruction als unzweckmässig gelten können.

In den Figuren 1 bis 5, 15 bis 17 und 19 auf Taf. LIII, sowie 4 bis 6 auf Taf. LVI sind vier verschiedene Beispiele einfacher und zweckmässiger Holzconstructionen gegeben. Es darf hier, wie bereits in § 6 ausgeführt ist, nochmals daran erinnert werden, dass die Construction eines Holzthores stets möglichst einfach in allen Verbindungstheilen gehalten werden muss, wenn das Thor eine recht lange Dauer haben soll. Je künstlicher und complicirter die Verbindungen z. B. der Verzapfungen der Riegel u. s. w. sind, desto eher wird das fast ununterbrochen einem Wechsel von Nässe und Trockenheit, von Anspannung und Ruhe und zufälligen anderen Angriffen ausgesetzte Thor eine Abnutzung durch Faulen und Zerreiben der Verbindungstheile erleiden. Dazu kommt, dass man — in Deutschland wenigstens — gezwungen ist, fast ausschliesslich Eichenholz, als das in grösseren Massen zu beschaffende härteste und dauerhafteste Holz zu verwenden, dass aber grade das Eichenholz ganz besonders wenig gradfaserig gewachsen ist und daher im Grossen wie im Kleinen leicht überspähnig geschnitten wird. Also auch aus diesem Grunde ist unbedingt von allen dünnen und schwachen Zapfen, namentlich auch den früher sehr üblichen sog. Schlitzzapfen abzurathen. Die geschlitzten, aus zwei gleichen Blättern bestehenden Zapfen haben gegen den einfachen etwa doppelt so dicken Zapfen noch den grossen Nachtheil, dass zwar der Zapfen selbst genau gearbeitet werden kann, dass aber die schmalen und dabei etwa 3 bis 4mal so tiefen Zapfenlöcher kaum mit Sicherheit genau der Dicke des Zapfens entsprechend ausgestemmt werden können. Sie werden fast stets nach dem Grunde des Loches hin etwas weiter und geben dadurch sowohl zur rascheren Fäulniss als zu baldigen Bewegungen Anlass.

Man mache daher, wie es z. B. durchweg bei der Papenburger Schleuse geschehen ist, die Zapfenlöcher einfach, kräftig und kurz, allenfalls mit einem sog. Brustzapfen und um ein Aufspalten der Hölzer, insbesondere der auf Biegung beanspruchten Riegel an der Basis des Zapfens zu vermeiden, etwas keilförmig, wenn man nicht gar, wie bei der Schleuse des Canals von St. Quentin, Fig. 16, Taf. LIII, die Zapfen fast ganz vermeidet und dafür Verbindungen mit eisernen Knieen oder Knaggen vorzieht.

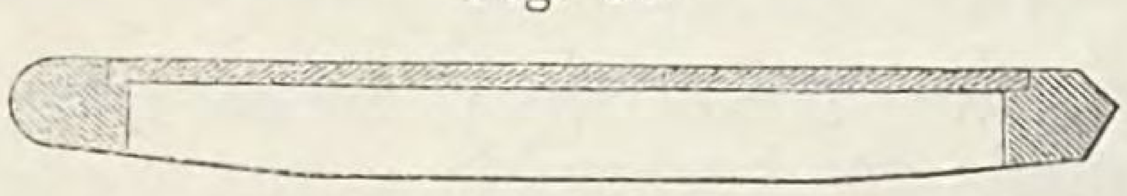
Im Uebrigen kann als fast selbstverständlich gelten, dass ausser der Verwendung des besten Holzes auch die tadelloseste Arbeit eine Grundbedingung für die Haltbarkeit des Thores ist. Um die Hölzer mit derselben Genauigkeit, wie

sie z. B. bei Tischlerarbeiten gefordert wird, zu verbinden, müssen dieselben abweichend von sonstigen Zimmerarbeiten völlig glatt behobelt werden. Nur dadurch ist ein genaues Abmessen und Zusammenfügen grosser und schwerer, ein fast unbewegliches Ganzes bildender Hölzer möglich. Der Arbeitspreis für ein Schleusenthor pflegt daher in der Regel den sonstiger Zimmerarbeiten etwa um das fünffache zu übertreffen. Um so nothwendiger ist es daher, nur die besten Hölzer zu verwenden.

Es möge nun zunächst die Beschreibung der gewöhnlichen Construction und zugleich der Ausführung eines Holzthores mit Bezug auf Fig. 1 bis 5, Taf. LIII folgen. Es sind die Stärken und Entfernungen der Riegel zunächst gemäss § 7 ermittelt. Dabei ist zwar die Entfernung derselben unterhalb des Binnenwassers als am kleinsten angenommen oder aus der angenommenen Stärke berechnet, und es würden die oberen Riegel nach oben hin zunehmend eine grössere Entfernung erhalten können. Indem jedoch die etwa in der Mitte der Thorhöhe liegenden Riegel mit der Strebe überschnitten werden müssen und ausserdem die oberen Riegel weit mehr als die stets unter Wasser liegenden von den Einflüssen der Fäulniss, von Stössen durch Schiffe, Eis u. s. w. zu leiden haben, so erscheint es nothwendig, die Entfernung der oberen Riegel nicht lediglich wie die der unteren nach dem Wasserdruck zu bestimmen, sie also jenen Angriffen entsprechend verhältnissmässig kleiner zu nehmen. Es ist ferner ohne Weiteres klar, dass bei einer bestimmten Thorhöhe und bei Schützöffnungen von annähernd durch ihre Querschnittsgrösse bestimmter Höhe die Zahl der Riegel nahezu fest steht, und die Rechnung im Wesentlichen nur die Dimensionen der Riegel zu bestimmen hat. Es würde mit Rücksicht auf die Biegung der Riegel durch den direct auf sie wirkenden Wasserdruck jedenfalls für sie allein günstiger sein, wenn ihre Breite grösser als ihre Höhe wäre. Da indessen zur Riegelbreite noch die Bohlendicke hinzukommt, um die Dicke von Wendesäule, Schlagsäule und Rahmhölzern zu geben, und diese Hölzer durch übermässige Breite leicht unnütz dick und theuer werden, so scheint es in vielen Fällen vortheilhafter, die Riegel quadratisch oder gar hochkantig zu nehmen. Denn wegen der Verzapfungen, der Beschläge, der Abrundung und Abschrägung an Wende- und Schlagsäule müssen eben diese Hölzer schon eine grössere Breite als Dicke erhalten.

Man kann freilich die übermässige Dicke dieser theueren Hölzer dadurch vermeiden, dass man nach nachstehender Figur 22 die Riegel nach ihren Enden hin verjüngt. Dies lässt sich jedoch wegen der Anbringung der auf der oberen Seite liegenden und dabei schräg angenommenen Bekleidungsbohlen überhaupt nur auf der unteren Seite des Thores thun. Dass übrigens diese Anordnung für die Anbringung eines Zugbandes, der Beschläge u. s. w. manche Nachtheile hat, wird sich bei deren Beschreibung ergeben, besonders aber wird sie unzweckmässig erscheinen, weil die Horizontalkräfte durch das gegenseitige Stemmen der Thorflügel dabei mangelhafter von den Riegeln aufgenommen und auf die beiden verticalen Thorhölzer übertragen werden. Die Anordnung kann daher nicht empfohlen werden.

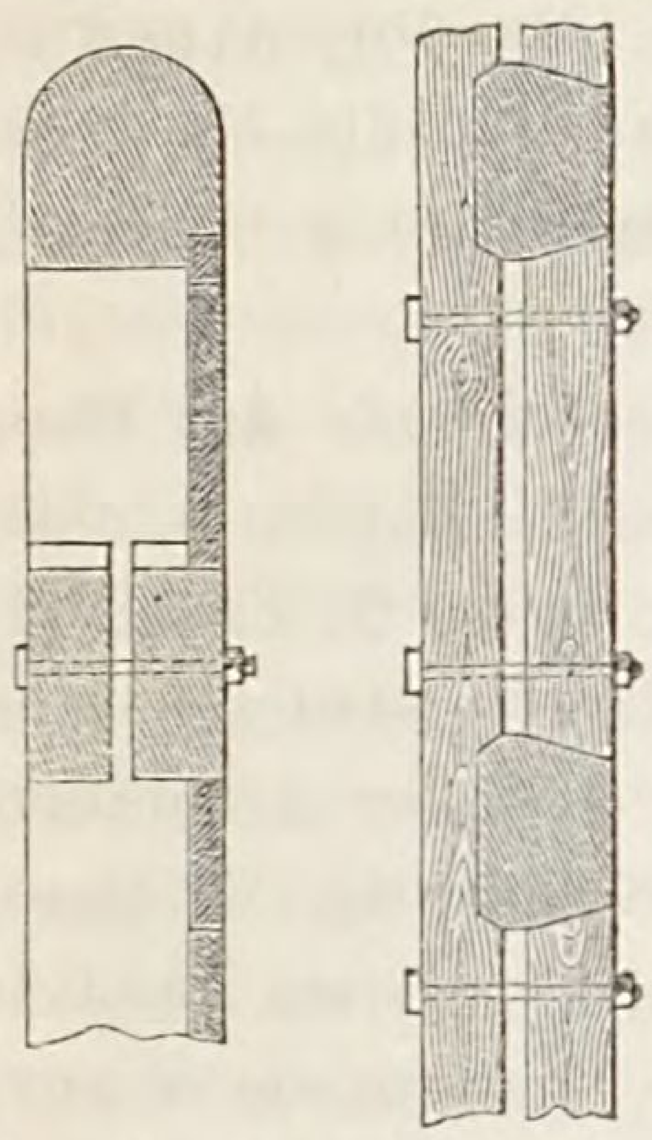
Fig. 22.



Sind nun nach vorstehenden vorzugsweise praktischen und den im § 7 gegebenen theoretischen Erwägungen die Dimensionen der Haupthölzer des Thorgerippes bestimmt, so erübrigt noch die Stärke und Lage der Streben und der Bohlen festzustellen. Die erstere darf nicht viel steiler als unter 30 Grad zu der Wendesäule stehen, um wirksam zu streben, zudem kann bei einem starken Oberrahmholz die freitragende Länge desselben bis zur Schlagsäule als hinreichend sicher

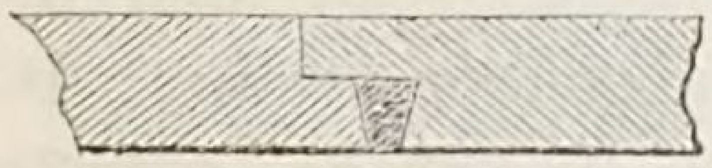
gegen Verbiegung angesehen werden. Der Strebe eine grosse Dicke zu geben hat wenig Werth, weil sie um so stärker mit den Riegeln überschnitten werden müsste, und dies für die Riegel besonders nachtheilig sein würde. Man nimmt sie deshalb höchstens doppelt so dick als die Bohlen und schneidet aus Strebe und Riegel je die Hälfte aus. Die Strebe erhält oben und unten einen Versatz und ausserdem gegen etwaiges Losspringen kurze Zapfen. Die Versatze sind bei den Riegeln in geringem Maasse zu wiederholen. Die Breite der Strebe muss recht gross genommen werden, weil diese ohnehin nicht viel wirksamen Querschnitt behält. Bei breiten Thoren werden zur Vermehrung der Wirkung wohl zwei Streben nebeneinander angebracht, siehe Fig. 1, Taf. LIII, oder man sucht durch zwischengesetzte Stücke die Dicke der Strebe zu vermehren, siehe nebenstehende Fig. 23. Es wird dabei den einzelnen Stücken ausser dem Versatz noch eine etwas schräge Stützfläche gegen die Riegel gegeben um durch Anziehen der die beiden Strebenhälften verbindenden Schraubbolzen eine um so kräftigere Wirkung der einzelnen Stücke zu erzielen und dauernd erhalten zu können. Wegen der vielen Bolzenlöcher und Verbindungen, unter Schwächung der Riegel, scheint freilich diese Hülfe schon etwas gegen den Hauptgrundsatz der Einfachheit zu verstossen. Man darf ferner bei guter Arbeit der strebenden Wirkung aller in gleicher Richtung mit der Strebe aufzubringenden Bohlen und dem später zu erwähnenden Zugbande wohl zutrauen, dass sie die Strebe genügend unterstützen um eine Versackung des Thorflügels zu verhindern.

Fig. 23.


Horizontal-schnitt. *Schnitt durch die Streben.*

Die nebst der Strebe mit ihren Aussenflächen bündig mit den Aussenflächen der Umfangshölzer liegenden Bohlen erhalten an ihren Enden wie die Strebe einen Versatz in den Umfangshölzern und müssen thunlichst dichtschliessend aufgebracht werden um nicht allein dicht zu halten, sondern um auch an dem gegenseitigen Stemmen der beiden Thorflügel zur Entlastung der Riegel Theil zu nehmen. Sie müssen mindestens so dick sein, dass sie bei ihrer schrägen Lage den grössten Wasserdruck ertragen können, wobei eine Mehrstärke auch die Durchbiegung der Riegel etwas vermindert. Es ist freilich leicht einzusehen, dass die letzteren in dieser Hinsicht mit geringerem Materialaufwand die genügende Stärke erhalten können, als wenn ihnen dieselbe zum Theil durch die Bohlen gegeben werden sollte. Die Bohlen müssen aber auch für die Dichtigkeit sowie mit Rücksicht auf Faulen u. s. w. eine gewisse Minimaldicke von etwa 5^{cm} nicht unterschreiten, während sie selbst bei dem stärksten Wasserdruck wohl nie mehr als etwa 7 bis 8^{cm} stark zu sein brauchen. Um die Dichtigkeit zu erhöhen und dauernd erhalten zu können, empfiehlt sich, sie mit halbem Falz zu spunden und, wie nebenstehende Fig. 24, zeigt mit keilförmiger Fuge zu kalfatern. Da die Bohlen oberhalb der Strebe bei weitem wichtiger sind als die unterhalb liegenden, nur von dem Unterrahmholz getragenen, so muss bei Anbringung von Schützöffnungen auf die Schonung der ersteren Bedacht genommen werden. Die Bohlen werden sowohl an ihren Enden als auch auf jedem von ihnen gekreuzten Riegel aufgenagelt, oder an den Enden mit Holzschrauben befestigt um das Abspalten der Umfangshölzer zu vermeiden.

Fig. 24.



Aus der nothwendigen Dicke der Riegel an ihren Enden und der Dicke der

Bohlen ergiebt sich, wie mehrfach erwähnt worden, die Dicke der Umfanghölzer, welche zweckmässigerweise für alle gleich genommen wird. Es kommt zwar vor, dass die Schlagsäule dünner als die Wendesäule gemacht wird, doch hat dieses bei der gleichen Anstrengung der Riegel an beiden Enden keinen Sinn, weil alsdann auch diese Enden verschieden dick sein müssten. Es ist ferner bereits erwähnt, dass die Umfangshölzer wegen der verschiedenen Zapfen u. s. w. breiter als dick zu nehmen seien und mag dafür im Allgemeinen ein Verhältniss wie 5:4, bei der Wendesäule speciell besser wie 6:4 gelten. Die Verbindung zwischen den Rahmhölzern mit der Wende- und Schlagsäule erfolgt mit Rücksicht auf die Wirkung der Strebe und des Zugbandes sowie der sonstigen Eisenbeschläge am besten so wie die Fig. 1 und 3, Taf. LIII zeigen, also mit Versatz und geeckselten Zapfen, wobei aber die Versatze der Thorfläche zugekehrt sein müssen. Die Tiefe der Versatze beträgt etwa $^1/_5$ bis $^1/_6$ der Breite der Umfangshölzer.

Die Wende- und Schlagsäulen müssen beide etwas länger sein als das Thor hoch ist. Bei der Wendesäule ist dies namentlich für den oberen Zapfen nöthig (siehe § 17), während für den unteren zuweilen, wie z. B. nach Fig. 1 und 9, Taf. LIII, gar keine Mehrlänge erforderlich ist, diese im Gegentheile nur die Construction der Pfanne und des Schuhs erschweren würde. Die Schlagsäule wird dagegen an beiden Enden eine gewisse Verlängerung besitzen müssen, zunächst weil sonst die Verbindung mit den Rahmstücken mangelhaft ausfallen würde, wenn man nicht etwa ähnlich wie bei der Wendesäule auch hier einen eisernen Schuh anbrächte, sodann am oberen Ende um die Bewegungsvorrichtung zu befestigen.

Endlich sind die Schlagsäulen noch, wie die verschiedenen Beispiele auf Taf. LIII angeben, nach der oberen oder Aussenseite des Thores hin an den beiderseitigen Berührungsflächen auf etwa $^1/_4$ der ganzen Dicke abzuschrägen, damit nicht etwa bei heftigem Zusammenschlagen der beiden Flügel hier ein Abspringen der spitzwinkligen Kante erfolge. Dass dieses wie z. B. bei Fig. 17 unterlassen worden, ist keineswegs zu billigen. Ueber die Anbringung von Thorschützen siehe § 19.

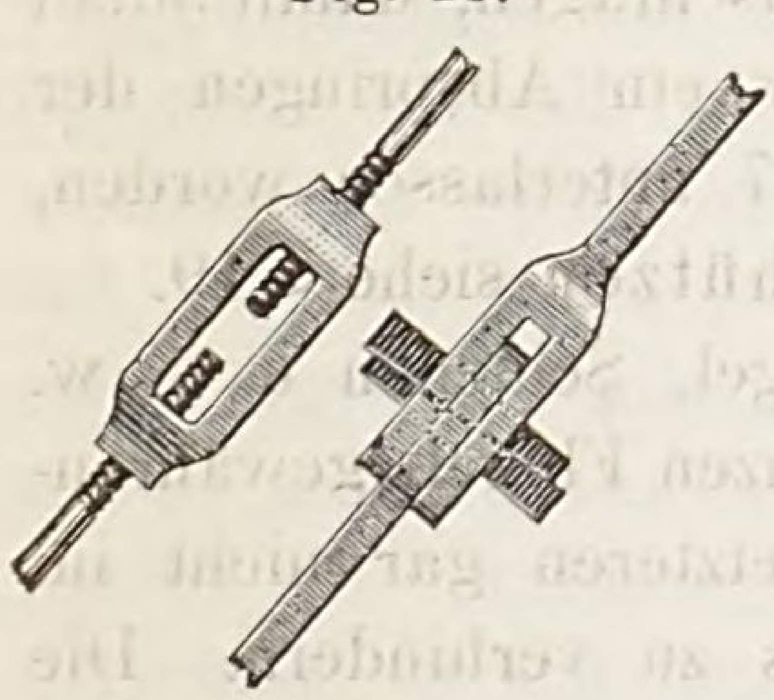
Die Eisenbeschläge des Thores als Zugstangen, Bügel, Schienen u. s. w. dienen nun dazu die nur einen geringen Zusammenhalt des ganzen Flügels gewährenden Holzverbindungen zu verstärken. Ohne sie würden die letzteren gar nicht im Stande sein, das Versacken und Auseinanderfallen des Thores zu verhindern. Die Riegelzapfen z. B. dienen nur dazu die Riegel bei ihrer Biegung an den Enden festzuhalten, im Uebrigen halten nur die Nägel in den Bekleidungsbohlen das Ganze ungenügend zusammen. Die Wirkung der Strebe kann ferner wohl den der Wendesäule zunächst liegenden Theil des Thorflügels gegen Versackung schützen, nicht aber auch den vorzugsweise nur von den Zapfen der Riegel und Rahmhölzer getragenen andern Theil in der Nähe der Schlagsäule.

Gegen diese Versackung hat nun besonders die Zugstange zu wirken. Ihre Berechnung erfolgt nach § 7 leicht und mit reichlicher Sicherheit, wenn man den ganzen Thorflügel sich denkt, als ob er von der Wendesäule absacken wollte. Die dabei berechnete Stärke wird selbst bei grossen Thoren noch für eine Stange mässige Dimensionen ergeben. Es würde nun theoretisch das Richtigste sein, die Zugstange in die Schwerebene des Thorflügels zu legen. Hierzu ist aber eine schräge Durchbohrung aller Riegel und eine ausserdem unbequeme Verbindung oben und unten erforderlich. Es ist daher diese zuweilen gebrauchte Anordnung nicht praktisch, schon allein wegen der in den Bohrlöchern der Riegel sich einschleichenden Fäulniss. Die

Zugstange nur auf eine und dann jedenfalls auf die obere oder bekleidete Seite zu legen, ist in jeder Hinsicht inconstructiv, weil an den Befestigungsstellen die Zugkräfte mit etwa der halben Thordicke gleichen Hebelarmen auf Verbiegung der Bolzen wirken. Es bleibt daher die zweckmässigste Lösung, dass die Zugstange doppelt und zu beiden Seiten des Thores angebracht wird, so dass die Schwerebene des Thores zwischen beiden liegt. Die Verbindung an der Wendesäule muss möglichst hoch liegen und ist nach Fig. 8, Taf. LIII durch zwei sich rechtwinklig kreuzende Bügel geschehen, die jede Bewegung des Aufhängepunktes ausschliessen. Ist der obere Thorzapfen aus einer gusseisernen Mütze gebildet, so kann nach Fig. 6 und 19 die Aufhängung hieran geschehen. Der untere Punkt muss an der Schlagsäule durch einen andern Beschlagtheil absolut fest gemacht sein, damit nicht ein Spalten des Holzes hervorgerufen wird. Durchaus verwerflich ist es, die Zugstange oben ohne Weiteres nur mit der Wendesäule zu verbolzen, weil dadurch das Spalten der letzteren fast unvermeidlich wird. Obgleich eine runde Stange gegen Zug etwas haltbarer als eine platte sein dürfte, so ist es wegen des Vortretens vor den Thorflächen zweckmässiger eine platte zu nehmen, deren Augen an den Enden unbedingt etwas stärker sein müssen als der unverarbeitete Querschnitt. Dass die Bolzen diesem Querschnitt mindestens gleich kommen müssen, sofern sie nicht zweischnittig sind, ist selbstverständlich. Eine Befestigung der Zugstange durch Bolzen an den einzelnen Riegeln ist nicht zu empfehlen. Sie ist bei genügender Befestigung des oberen und unteren Punktes mindestens unnütz. Dagegen ist es gut ihre etwaige Durchbiegung durch Stösse von Schiffen mittelst kleiner Krampen zu verhindern, s. Fig. 1 u. 3, Taf. LIII.

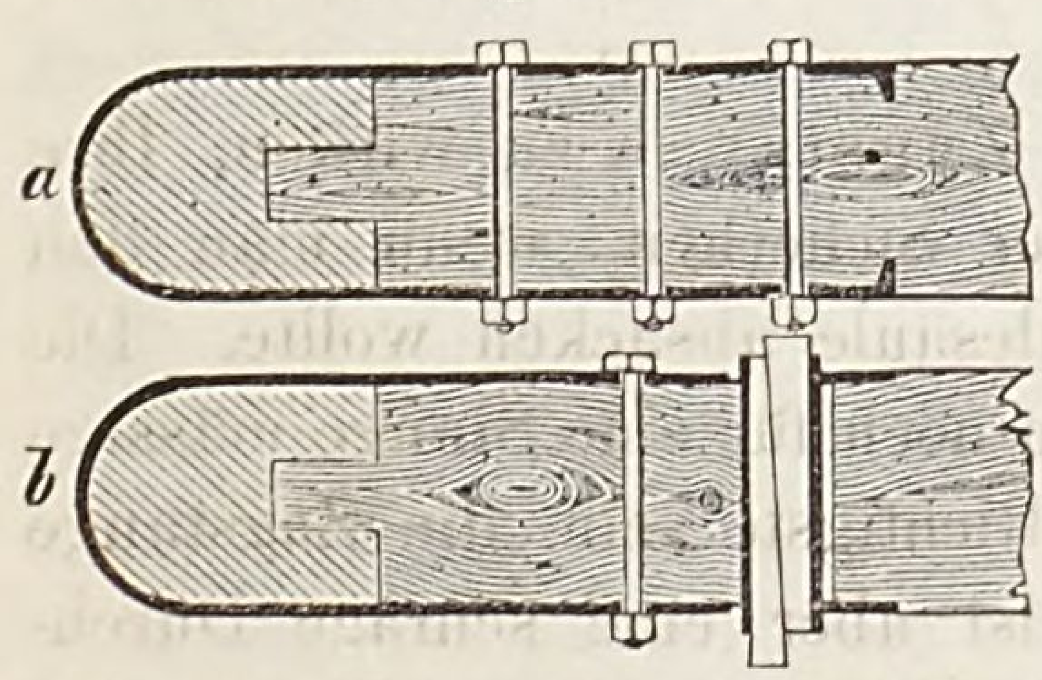
Man hat zum Nachspannen der Zugstangen wohl Keilvorrichtungen oder ein sog. Schraubenschloss, siehe nachstehende Fig. 25, angewandt. Diese Vorrichtungen besitzen aber bei einem Schleusenthore wenig Werth, weil sie meistens bald so fest rosten, dass sie schwer zu gebrauchen sind und weil es billiger ist der Zugstange ein bedeutendes Uebermaass an Stärke zu geben. Wenn dies geschehen und wenn ferner der ganze Flügel etwas überhöht zusammengesetzt wird, so hält ohne merkliche Verlängerung das Zugband mit dem Holzthore für dessen Zeitdauer aus.

Fig. 25.



Sodann sind starke eiserne Bügel zunächst um den Rücken der Wendesäule bis soweit auf die Riegel und Rahmhölzer reichend nothwendig, dass mindestens zwei Bolzen durch die horizontalen Hölzer gezogen werden können. Diese zwei Bolzen müssen wieder dem Querschnitt der Bügel entsprechen. Ausserdem gibt man wie bei Fig. 1, Taf. LIII nach nebenstehender Skizze Fig. 26 *a* geschehen, den Bügeln vorn rechtwinklig gebogene Nasen, die nach dem Einlassen und Auftreiben der Bügel zuerst eingeschlagen werden und durch geringe Schräge der Nasen den Bügel stark anziehen. Diese Anordnung ist einfacher als die ebenfalls wohl geschehene Anbringung von Keilen durch den ganzen Riegel hindurch. Siehe nebenstehende Skizze *b*. Die Bügel der Rahmhölzer sind stärker als die der Riegel. Um die Schlagsäule durchweg Bügel zu legen würde zu unbequem sein. In Fig. 1 ist nur oben ein solcher angewandt, unten dagegen mit Rücksicht auf die Zugstange

Fig. 26.



eine Winkelschiene; für die einzelnen Riegel aber sind sogenannte Krückeisen oder ┰förmige Schienen angebracht und zwar ebenfalls mit Nasen. Diese Schienen haben nicht so viel zu halten als die Bügel an den Wendesäulen, sind indessen bei gleicher Schwere auch nicht so wirksam wie jene. Es werden oft in fehlerhafter Weise in dem Riegel nur 1 Bolzen, in der Schlagsäule dagegen 2 oder 3 angebracht, während augenscheinlich auf beiden Seiten der Holzfuge gleicher Widerstand gegen Trennung sein muss. Bei allen diesen Beschlagtheilen ist endlich wie bei reiner Eisenconstruction auf sparsame aber gleichmässige Verwendung des Materials zu sehen, so dass nicht irgendwo ein unnützes Uebermaass, vorzüglich aber keine zu schwache Stelle vorkommt. An allen Schweissstellen muss eine gewisse Verstärkung wegen etwaiger nicht zu entdeckender Arbeitsfehler gegeben werden. Der Beschlag von Fig. 20, Taf. LIII ist bei dichtliegenden Riegeln sehr zweckmässig und ist bei guter Schmiedearbeit die Form der Schienen an den Bolzenlöchern sehr zu empfehlen, weil keine Schwächung der Schiene eintritt.

Die Beschläge werden fast stets so in das Holz eingelassen, dass sie bündig mit dessen Oberfläche liegen. Zu ihrer Befestigung sind Schraubbolzen am geeignetsten, weil am festesten anzuziehen und am leichtesten zu lösen. Die Köpfe sowie die Muttern sind am besten viereckig, um sie gut halten und drehen zu können, die überstehenden Schraubenenden müssen genau passend abgearbeitet werden. Alles Eisen zu den Beschlägen muss vor der Aufbringung sorgfältig von etwaigen Roststellen gereinigt und in mässig erwärmtem Zustande mit heissem Steinkohlentheer angestrichen werden. Das fertige Thor dagegen wird an allen Holztheilen zweimal mit gutem Holztheer gestrichen.

Einige von der einfachen und gewöhnlicheren Art der Holzthore abweichende Constructionen mögen noch kurz besprochen werden. Auf die Befestigung der Riegel nach Fig. 16, Taf. LIII ist bereits aufmerksam gemacht; dieselbe sucht die unvermeidlichen Nachtheile der Zapfen zu umgehen. Für breite Thore und starken Wasserdruck würde jedoch statt der Anbringung zweier Kniee ein Schuh für das Riegelende vorzuziehen sein, weil die einzelnen Kniee eine geringe Bewegung des Riegels an seinen Enden nicht verhindern können. Die Ueberhöhung dieses Thores ist augenscheinlich nur zur Anbringung eines Drehbaumes geschehen. Es kommt etwas Aehnliches jedoch auch dann vor, wenn ein Thor wegen des zu haltenden Wassers nur eine geringere Höhe zu besitzen braucht, als die Seitenwände an der betreffenden Stelle haben, z. B. wenn das Thor unter oder in der Nähe einer hoch zu führenden Brücke liegt. Alsdann giebt man dem Gerippe des Thores die dem Mauerwerk entsprechende Höhe, lässt die Bekleidung jedoch nur bis zur nothwendigen Wasserhöhe reichen.

Das in Fig. 19, Taf. LIII dargestellte Thor eines Unterhaupts der Schleusen des Rhein-Marne-Canals hat zur kräftigen Verbindung der Riegel mit den beiden Säulen ausser den nicht grade zweckmässig geformten Krückeisen zwischen je zwei Riegeln einen durch die ganze Breite des Thorflügels reichenden Schraubenbolzen. Dieselben liegen in der halben Dicke des Thorflügels und gehen zwischen den beiden Theilen der zweitheiligen Strebe hindurch. Bei der Schützöffnung ist der betreffende Bolzen nicht einheitlich durchgeführt, sondern er verbindet aus zwei Stücken bestehend nur die beiden Säulen mit den Schützständern. Die Zugstange ist doppelt und hat auf der Unterseite des Thores eine Unterlage von Holz, welche jedoch nur scheinbar die Riegel durchschneidet, vielmehr selbst grösstentheils ausgeschnitten ist.

Das nur zum Theil dargestellte Thor der 21^{m} weiten, im Jahre 1853 erbauten Schleuse zu Gr. Grimsby, s. Fig. 20 u. 21, Taf. LIII, ist nach einem ganz anderen Principe construirt als die bisher betrachteten Holzthore. Man hat ganz davon abgesehen, dass sich das Thor selbst frei tragen solle, deshalb keine Verstrebung oder Zugband angewandt, sondern nur das Thor gegen den Wasserdruck sehr stark gemacht und die Gefahr des Versackens durch Anbringung von Laufrollen (s. § 18) in der Nähe der Schlagsäulen aufgehoben. Dabei ist der untere Theil etwa in $^1/_3$ der ganzen Höhe des Thores aus sieben durch verticale Bolzen sowie durch die äusseren Beschläge fest verbundenen, starken Hölzern ohne Bohlenbelag hergestellt, während nur in den nach oben hin wachsenden Zwischenräumen zwischen den oberen Riegeln kleine verticale Bohlen mittelst Falzen in den Riegeln angebracht sind. Zu beiden Seiten des Thores liegen zwei verticale Hölzer, wovon die nach der unteren Seite des Thores liegenden ausserdem den Zweck haben, die Spannung in den zur Verstärkung der Riegel gegen Durchbiegung dienenden Zugstangen zu sichern. Näheres s. Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. I.

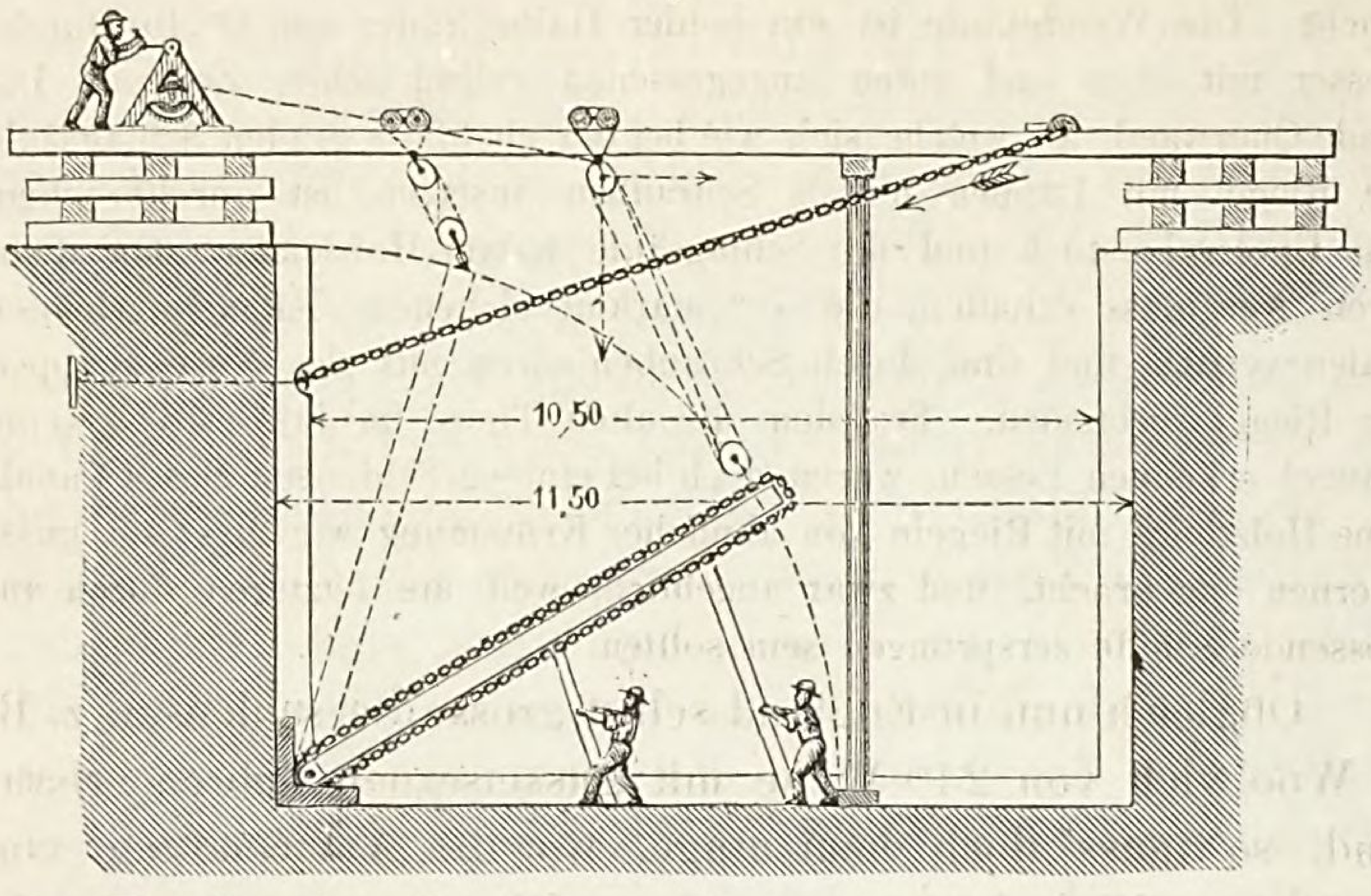
Weniger einfach ist das in Fig. 22 in einem Horizontalschnitt gezeichnete Thor einer etwa vor 20 Jahren gebauten Schleuse zu Antwerpen (s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IX) construirt. Es ist diese Construction in ähnlicher und oft noch weit complicirterer Weise bei französischen Schleusenthoren angewandt. Es sind hier wegen Mangels einer genügenden Steifigkeit gegen Versacken ebenfalls Laufrollen angebracht, ausserdem jedoch auch ein an der unteren Seite liegendes Zugband. Trotzdem die Drempel gradlinig, sind die Thorflügel nach oben hin gekrümmt, jedoch nur um die Riegeldicke in der Mitte zu verstärken. Diese Riegel bestehen aus zwei durch Schrauben verbundenen Hölzern von *yellow pine*, die ausser durch die Wende- und Schlagsäule durch 4 Paar von verticalen Stielen unter einander verbunden werden. An der oberen Seite liegen die verticalen Bekleidungsbohlen, welche hier aus Kiefernholz genommen sind.[7])

Ueber die Anbringung von Schützen siehe § 19.

Schliesslich möge noch das Verfahren des Einhängens und Gangbarmachens der Holzthore kurz beschrieben werden. Die einzelnen Thorflügel müssen frühzeitig neben der Ausführung des eigentlichen Schleusenkörpers in Angriff genommen werden, damit sie mit aller Sorgfalt bearbeitet und sofort nach genügender Aufführung der Seitenwände eingehängt werden können. Es ist daher meistens nothwendig, sie auf einem besonderen Platze neben der Baugrube zu bearbeiten und endlich auf einer geneigten Bahn mittelst Walzen oder auf sonst geeignete, aber den Thoren unschädliche Weise auf den betreffenden Thorkammerboden zu bringen. Die weitere Aufstellung geschieht zweckmässig nach nachstehender Skizze Fig. 27 (S. 926), welche die Einhängung der Papenburger Thore darstellt. Es ist dabei quer über der Thorkammer aus vier starken Bäumen eine Art Brücke gelegt, welche in genügender Höhe lag, dabei durch Ständer unterstützt sowie durch zwei Ketten gegen den schrägen Zug der drei Flaschenzüge gesichert war. Die Flaschenzüge hingen an verschiebbaren Querhölzern und wurden mittelst dreier Winden durch im Ganzen sechs Arbeiter bedient. Für jeden Flaschenzug war zum unschädlichen Angriff

[7]) Ueber grosse hölzerne Thore, sowie über hölzerne Thore mit Riegeln, die durch Eisen verstärkt sind, siehe ferner: Nouv. ann. de la constr. 1874, Bl. 23 und 57; daselbst 1875, Bl. 45; Zeitschr. f. Bauw. 1877, Bl. 62 und Ann. des ponts et chaussées 1878, Bl. 2 und 4.

Fig. 27.



eine Kette um den ganzen Thorflügel der Höhe nach geschlungen und festgespannt. Zu aller Sicherheit wurden von einigen Zimmerarbeitern fortwährend Steifhölzer nachgeschoben. Durch Futterhölzer wurden die Enden der Wende- und Schlagsäule von der Mauer entfernt gehalten und jede Beschädigung daselbst vermieden. In einem Tage konnte je ein Thorflügel aufgestellt und eingehängt werden.

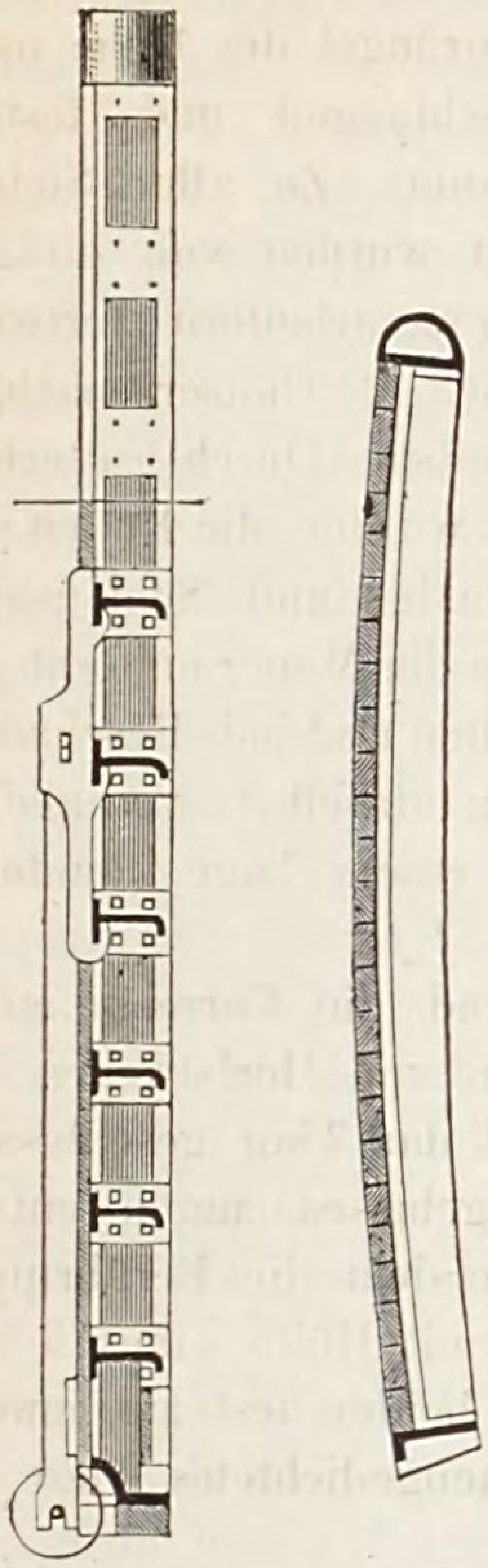
Sobald die zusammengehörenden Flügel eingehängt und die Correctionsvorrichtungen der Halseisen (vergl. § 17), nach mehrfachem Hin- und Herbewegen der Flügel um den ganzen Drehwinkel, definitiv justirt sind, wird das Thor geschlossen. Die Breite der Schlagsäulen ist absichtlich etwas zu gross gelassen, um jedenfalls einen sicheren Schluss zu erreichen. Es werden nun mit Vorsicht die Berührungsflächen derselben nachgearbeitet und zwar endlich meistens mit Hülfe eines feinen von oben nach unten geführten Sägenschnittes zwischen den beiden fest zusammengehaltenen Flügeln. Man darf erwarten, dass ein so zusammengedichtetes Thor absolut dicht schliesst.

§ 15. Eiserne Drehthore. Die Construction der eisernen Drehthore ist verhältnissmässig noch neu, wenigstens in ihrer jetzigen Gestalt, und auch selbst in der jetzt fast verlassenen Art wobei vorzugsweise Gusseisen zur Verwendung kam, wenn man deren erste Anwendung mit der der Holzthore vergleicht.

Erst seit etwa dem Ende des vorigen Jahrhunderts im Jahre 1793 wurden durch Telford und zwar nur anfangs für die kleinen, zum Theil nur $2^m,1$ weiten Schleusen des Ellesmere-Canals gusseiserne Thore angewandt um die rasche Abgängigkeit der Holzthore zu vermeiden. Diese Thore sind einflügelig und bestehen nur aus einer mit Verstärkungsrippen versehenen Platte. In ähnlicher Weise sind die etwas später gebauten zweiflügeligen Thore des Montgomery-Canales construirt, welche in Fig. 13 bis 15, Taf. LIV dargestellt sind. Auch hier ist die ganze Schleusenweite nur $2^m,1$ und bestehen hier ebenfalls die ganzen Thorflügel aus einem Gusstück. Die geschlossenen Flügel bilden eine cylindrische Fläche von etwa $2^m,4$ Sehne und $0^m,4$ Pfeilhöhe. Ausser den an der oberen Seite liegenden Verstärkungsrippen besitzt das Thor noch eine in Fig. 14 gezeichnete, besonders breite Rippe für den Thoranschlag und zur Aufnahme der Zapfenpfanne, während mit der obersten Rippe zugleich der Hals für die Verankerung verbunden ist, an welchen sich der conisch gestaltete Drehbaum zur Bewegung des Thores mittelst Flantschen ansetzt. Dadurch, dass die Hauptfläche des Thores nach unten liegt, werden die Wendesäule und Wendenische ebenfalls sehr vereinfacht. Der dichte Anschluss der Wendesäule in der Nische ist durch Zusammenschleifen beider Theile erreicht, indem die Thorflügel unter allmählichem Antreiben von Zapfen und Verankerung so lange in den Nischen gedreht wurden bis die Drehung leicht erfolgte. Ebenso sind auch die Schlagsäulen an einander abgeschliffen, wogegen die Drempel zur Dichtung mit Holz bekleidet sind.

Telford wandte später auch das Gusseisen zu grösseren Schleusen z. B. zuerst für den Caledonischen Canal (siehe Cap. XVI, § 18) an, wobei die 12^m weiten Schleusen etwa $6^m,6$ breite Thorflügel mit nur $0^m,15$ Pfeilhöhe besitzen. In den nachstehenden Skizzen Fig. 28 (S. 927) ist der Horizontalschnitt eines solchen Thores und der in der Nähe der Schlagsäule genommene, aber die Wendesäule zeigende Verticalschnitt dargestellt. Es ist dabei das Princip eines selbständigen Gerippes mit einer besonderen Bekleidung aus Holzbohlen wieder aufgenommen. Wegen Mangels jeder Art von Verstrebung

Fig. 28.



ist an den Rippen in der Nähe der Schlagsäule eine Laufrolle angebracht. Die Wendesäule ist ein hohler Halbcylinder von $0^m,45$ Durchmesser mit oben und unten angegossenen cylindrischen Zapfen. Die grade Querwand, an welche sich wie bei der ebenfalls graden Schlagsäule die Riegel mit Lappen und 4 Schrauben ansetzen, ist durchbrochen. Das Unterrahmstück und die Schlagsäule haben Holzleisten zum dichteren Anschluss erhalten, die 7^{cm} starken eichenen Bekleidungsbohlen laufen vertical und sind durch Schraubenbolzen mit den Verticalrippen der Riegel verbunden. Trotzdem die alten Thore im Jahre 1874 keine Mängel erkennen liessen, waren doch bei einigen Schleusen dieses Canals neue Holzthore mit Riegeln von ähnlicher Krümmung wie die alten gusseisernen angebracht, und zwar angeblich, weil die letzteren durch anstossende Schiffe zersprungen sein sollten.

Obgleich nun in England selbst grosse Seeschleusen z. B. in Woolwich von 24^m Weite mit gusseisernen Thoren erbaut sind, so muss doch heutzutage, wo die Verwendung von profilirtem Walzeisen zu etwaigen Riegeln u. s. w., sowie von Eisenblech zur Bekleidung und selbst zur gänzlichen Herstellung der grössten Thore äusserst billig geworden und hinreichend erprobt ist, die Verwendung von Gusseisen zu allen Hauptheilen als veraltet erscheinen. Denn es bleibt ausser der zweifelhaften Haltbarkeit des Gusseisens im Seewasser für einzelne Fälle noch allgemein der Fehler des Gusseisens bestehen, dass es zu spröde gegen Stösse und namentlich in der Kälte sehr unzuverlässig ist. Es kann stets zu kleinen, eine geschlossene Form besitzenden Stücken mit Vortheil verwendet werden, wo durch die ganze Masse und deren Dimensionen jede Gefahr eines Zerspringens ausgeschlossen scheint (vergl. § 17), doch nie zu ausgedehnten Constructionstheilen, wie Riegeln, Wendesäulen u. s. w. Es werden daher verschiedene ältere und neuere Versuche, Gusseisen in grösserem Maasse zu verwenden, übergangen werden können.

Die neuere Constructionsweise der eisernen Thore geht unter fast ausschliesslicher Verwendung von Schmiede- oder Walzeisen von zwei verschiedenen Hauptprincipien aus: entweder wird ein selbständiges Gerippe aus Profileisen mit einer blossen Bekleidung von Eisenblech hergestellt, oder es dient die Blechwand nicht allein zur Bekleidung, sondern wesentlich mit zur Aufnahme der Stemmkräfte zwischen den beiden Thorflügeln.

Die erstere Methode ist der Construction der hölzernen Thore sehr verwandt, sie beschränkt sich dabei fast stets nur auf gradlinige Drempel und auf kleinere Thore. Wenngleich dabei sehr oft nicht das Minimum des zulässigen Materialaufwandes erreicht wird, so liegt andererseits besonders bei gleichzeitiger Erbauung mehrerer Schleusen von gleichen Weiten, wie z. B. bei Canälen, ein grosser Vortheil darin, dass gewisse Hauptheile wie Riegel u. s. w. von einem gleichen Profile genommen und dadurch sowie durch die einfache Verbindungsweise dieser Stücke die Herstellungskosten sehr ermässigt werden.

Die zweite Methode wird jetzt fast für alle grösseren Schleusen, namentlich die Seeschleusen angewandt. Es werden dabei die beiden Thorflügel fast stets als eine einzige Cylinderfläche behandelt, wenigstens in der äusseren oder oberen Seite des Thores, wogegen — wohl um die Schwierigkeiten eines gekrümmten Drempels

zu vermeiden, sowie um den Thorflügel gegen Versackung durch eigenes Gewicht oder Verbiegung durch die Bewegung bei dem Oeffnen und Schliessen zu schützen — die innere oder untere Seite des Thorflügels grade genommen wird. Stets wird aber dabei das Bekleidungsblech als Hauptconstructionstheil angesehen. Es kommt dann allerdings besonders darauf an, die einfache oder doppelte Blechwand gegen Formveränderung zu schützen, wozu riegelartige Aussteifungen in horizontaler Richtung vorzugsweise nothwendig sind. Bei nicht zu grossem Wasserdruck und mässiger Weite reicht alsdann oft eine einfache Blechwand aus. Da indessen für grössere Weiten und Wasserdrücke die Bleche zu stark für eine bequeme und gute Verarbeitung, z. B. über etwa 15^{mm} dick, werden würden, so nimmt man alsdann lieber zwei Bleche und stellt durch Verbindung derselben mit den die Wendesäule und Schlagsäule bildenden Theilen, sowie mit horizontalen Querblechen einen wasserdichten und schwimmenden Körper oder ein sog. Schwimmthor her. Man erreicht nicht allein dadurch die vorhin erwähnte grössere Steifigkeit gegen Verbiegungen und eine fast absolute Sicherheit gegen Versacken, sondern auch eine sehr viel leichtere und sichere Verankerung und eine bequemere Bewegung, als bei einem schwer auf Halsband und Zapfen ziehenden und drückenden Thorflügel. Für Schleusen über 14 bis 15^{m} Weite erscheinen diese Schwimmthore in den meisten Fällen am geeignetsten, während es bei kleinen Schleusen von einer vergleichenden Kostenberechnung abhängen muss, ob man überhaupt gekrümmte Blechthore oder nach Art der Holzthore aus Gerippe und Bekleidung construirte Thore nehmen will.

Der schlimmste Feind der Eisenthore ist das Rosten. Dasselbe kann zwar soweit die Thore über dem Wasser liegen oder etwa von innen zugänglich sind, durch Erneuerung des Anstrichs verhindert werden; für die wegen des Wassers nicht zugänglichen Theile müssen entweder die Thore zeitweilig trocken gelegt oder aus dem Wasser gehoben werden, oder man ist auf die Dauerhaftigkeit des ursprünglichen Anstrichs allein angewiesen. Wenn auch im Allgemeinen die bekannten Eisenanstriche, insbesondere Eisenmennig, als erster Ueberzug des Eisens zu empfehlen sind, namentlich dann, wenn das Eisen in einzelnen Theilen von der Fabrik zum Bauplatze geliefert wird, so empfiehlt sich als späterer Ueberzug im Ganzen vorzüglich Steinkohlentheer und zwar mehr als Oelfarbe, weil diese nicht so fest haftet und leichter durch Feuchtigkeit während des Anstrichs beschädigt wird. S. auch § 21. Man kann jedoch noch durch Anbringung von Zinkstreifen, welche bei ihrer Berührung mit Eisen und Wasser stets zuerst und sehr rasch oxydiren, das Eisen in hohem Grade vor Rosten schützen.

Es mögen nun die einzelnen Constructionsarten an geeigneten Beispielen näher betrachtet werden.

Von der ersten Art ist in Fig. 1 bis 9, Taf. LIV als Beispiel ein Thorflügel der Schleuse zu Charenton im Canal St. Maurice dargestellt. Diese Schleuse wurde im Jahre $18^{63}/_{64}$ gebaut.[8]) Nach diesem Typus sind in Frankreich, Belgien und im Jahre 1868 auch an dem Ihle-Canal in Deutschland eiserne Thore construirt, welche nur wenig von den hier dargestellten abweichen. Der Thorflügel ist in ähnlicher Weise wie der eines Holzthores aus dem Umfangsrahmen und Zwischenriegeln zusammengesetzt und mit verticalen Blechen an der oberen Seite bekleidet. Die

[8]) Siehe hierüber Ann. des ponts et chaussées 1865 und 1866, sowie dieselben Mittheilungen auszüglich in d. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, S. 404.

verticalen und horizontalen Rahmenstücke sowie die Riegel besitzen sämmtlich die |——|-Form.

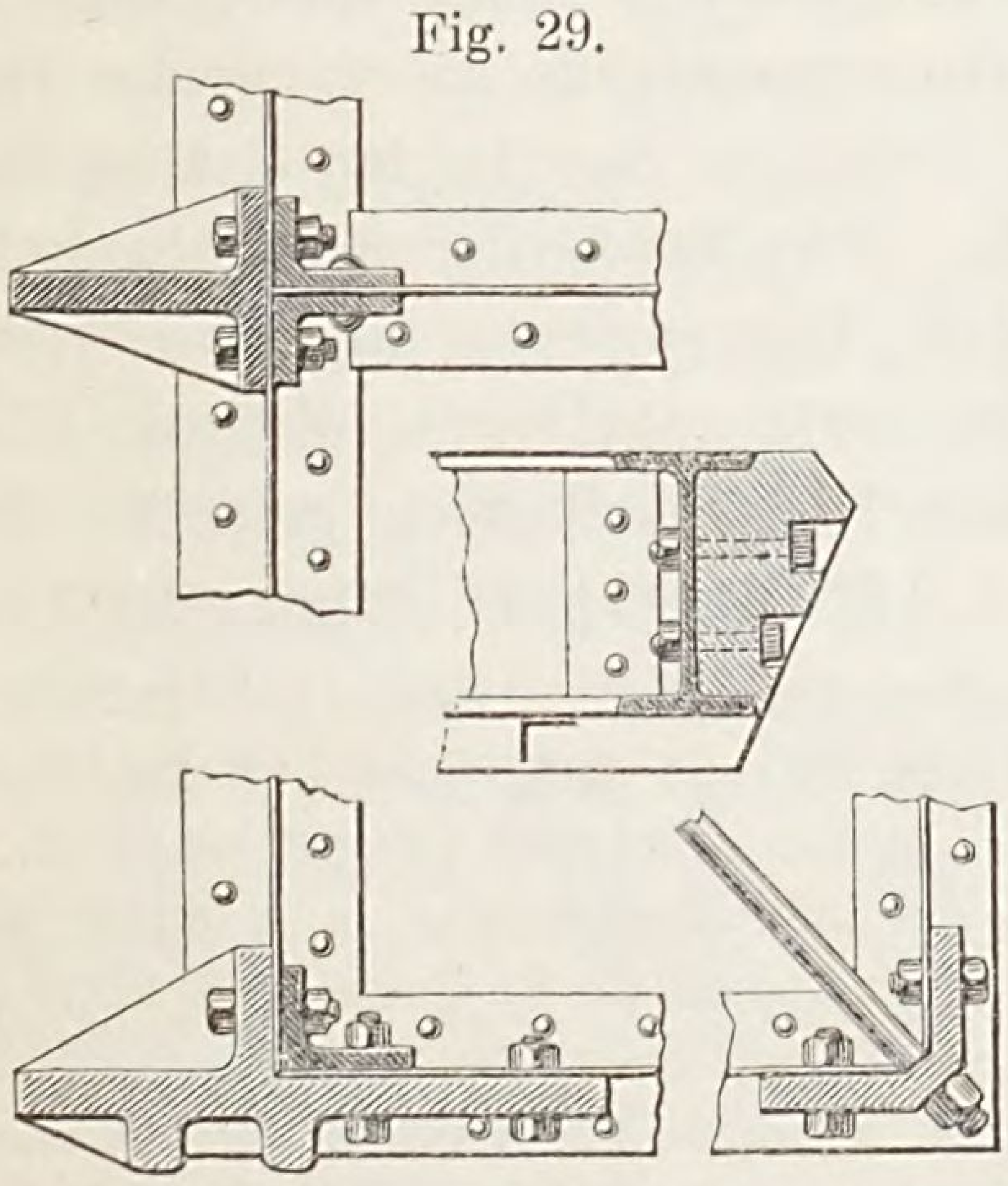
Es war hierfür ein Projecte gewalztes Eisen von dieser Form vorgesehen. Wegen verzögerter Lieferung ist statt dessen im Profil aus einem Mittelblech und 4 Winkeleisen hergestellt, wodurch nicht allein die Material-Kosten höher wurden, sondern auch die Construction nicht unwesentlich complicirter gemacht ist. Dagegen hat man allerdings leichter eine verschiedene Stärke der Riegel unter Beibehaltung derselben horizontalen Höhe anordnen können, als dies bei gewalzten Profilen möglich ist.

Die Vorzüge jener Eisenform bestehen sowohl in der grossen Widerstandsfähigkeit gegen Biegung als auch in dem günstigen Querschnitt bei Zug und Druck in der Längenrichtung des Balkens, sowie nicht minder in der Bequemlichkeit für jede Art von Verbindung unter einander und mit anderen Eisentheilen. Indem sich bei den mässigen für Canalschleusen überhaupt nur in Frage kommenden Dimensionen das Eisen in dieser Form sehr gut walzen lässt, so verdienen die gewalzten Riegel sicher den Vorzug.

Wie die Detail-Figuren 6 bis 9 zeigen, werden die horizontalen Rahmstücke mit der Wende- und Schlagsäule „auf Gehrung" zusammengeschnitten und mit inneren und äusseren Winkelstücken untereinander verbunden. Diese äusseren Winkelstücke bilden an der Wendesäule zugleich den oberen Zapfen und die untere Pfanne und sind ihrer verschiedenartigen Beanspruchung auf Zug und Druck entsprechend bezw. aus Schmiedeeisen und Gusseisen hergestellt. Demgemäss ist bei dem Winkel für die Pfanne oder die unteren Zapfen die Verbindung auch mit Schrauben statt wie am oberen mit Nieten geschehen.

Die Riegel sind an ihren Enden so abgeschnitten, dass der Steg als Blatt bis an den Steg der Wende- und Schlagsäule reicht, während die Winkeleisen dieser letzteren ungeschwächt hinabgehen. Nach Fig. 6 und 7 mussten zwischen den Schenkeln der Winkeleisen sowohl der Riegel als auch der Umfangsstücke Blechplatten eingelegt werden, um eine solide Befestigung zu erreichen. Bei gewalzten |——| würden diese Platten fortfallen, wie die nebenstehende Skizze Fig. 29 der Riegelverbindung an den Ihle-Canal-Schleusen zeigt. Bei den letzteren Thoren ist ausserdem jeder Riegel mit seinen aufrechtstehenden Schenkeln etwas in die abwärtsgehenden Schenkel der Wende- und Schlagsäule eingelassen, wodurch eine grössere Sicherheit gegen Versackung entsteht. Trotzdem ist diesen Thoren noch eine Zugstange zugefügt, welche die Mittelstege der Riegel durchdringt und oben und unten (s. nebenstehende Skizze) befestigt ist. Es erscheint jedoch bei Canal-Schleusenthoren von grosser Höhe und geringer Breite und bei der grossen Steifigkeit, welche die Blechbekleidung ihnen verleiht, diese Zugstange wohl überflüssig.

Fig. 29.

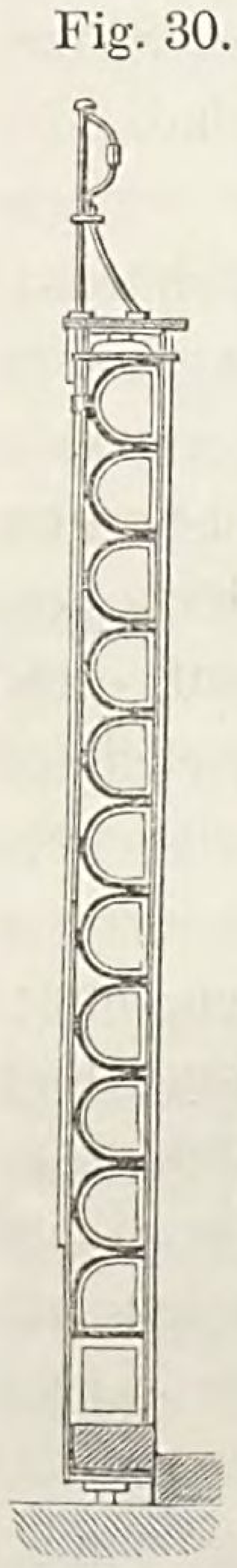


Bei der Schleuse zu Charenton, wie nicht minder auch bei den nach ihrem Muster später erbauten Schleusen, u. A. auch am Ihle-Canal, ist indessen zur Verstärkung der Steifigkeit des ganzen Flügels und namentlich der Wendesäule und der Schlagsäule neben den letzteren und an der unteren Seite je eine 0^{m},4 breite Blechplatte von der doppelten Stärke der 4^{mm} starken Blechbekleidung angebracht. Siehe

Fig. 6 und 7. Endlich dient ein in der Mitte der Riegel an derselben Seite des Thores befestigtes Winkeleisen noch zur Verbindung der Riegel unter einander.

Während die Entfernung der Riegel von einander fast genau der Zunahme des Wasserdrucks entspricht (vergl. § 7) und nur der unterste wegen der Schützöffnungen eine grössere Entfernung von dem Unterrahmstück zeigt und auch demgemäss stärker construirt ist, sind zur Uebertragung des Thordrucks auf die Wendenische ausser den mit dem oberen Zapfen und der unteren Pfanne verbundenen Stützwinkeln nur noch 2 zwischenliegende nach Fig. 8 angebracht, welche sich mit ihrem abgerundeten Theile genau in die Mittellinie des Thorflügels gegen eine etwas hohl gekrümmte Stützplatte, Fig. 9, in der Nische stemmen. Mit Ausnahme des am oberen Zapfen befindlichen Stützwinkels sind alle übrigen, sowie die Stützplatten, aus Gusseisen gebildet und, wie die Figuren zeigen, durch Schrauben mit der Wendesäule bezw. der sehr vereinfachten Wendenische verbunden. Indem die Schleusenthore zu Zeiten etwa 4m Wasserdruck zu ertragen haben, erscheint diese sparsame Anbringung von Stützpunkten wohl etwas dürftig, weniger in Bezug auf die Festigkeit der Eisentheile als auf die gegen das Mauerwerk hinter den Stützplatten gerichteten Stösse bei dem Schliessen der Thore, wodurch ein Losrütteln der Platten nicht unmöglich sein dürfte. Im Gegensatze dazu sind bei den Schleusen des Ihle-Canals hinter jedem der zum grossen Theile nur 0m,63 von einander entfernten Riegel solche Stützwinkel und Platten angebracht, was hinsichtlich der Sicherheit wohl etwas übertrieben scheint und die Kosten dieser sehr sorgfältig anzubringenden Stücke unnöthig vergrössert.

Fig. 30.



Der grosse Zwischenraum zwischen der eigentlichen Wendesäule und der Wendenische (siehe Fig. 6), welcher mit Rücksicht auf die Construction wohl hätte kleiner sein können, dient dazu, dass das Wasser beim Eindrehen der Thorflügel in die Thornische aus dieser leichter entweichen kann als dies bei allen Thorflügeln mit voller Wendesäule der Fall ist. Der weiche Anschlag sowie der wasserdichte Anschluss der Thorflügel an Wendenischen, Drempel und zwischen den beiden Schlagsäulen ist durch angeschraubte Hölzer erreicht. Die Köpfe der Schraubenbolzen sind nach obiger Skizze Fig. 29 in das Holz versenkt, und die Muttern an der Innenseite der betreffenden Eisentheile angebracht. Zwischen Holz und Eisen sind ausserdem zur grösseren Dichtigkeit noch getheerte Filzstreifen gelegt. Die Thore haben rund 144 Mark pro □m gekostet.

Für sich vereinzelt steht eine eigenthümliche Construction, welche bei der Schleuse de la Monnaie in Paris schon im Jahre 1853 von Poirée ausgeführt und im Bd. XV d. Zeitschr. f. Bauw. beschrieben worden ist. Es gehen dabei nach nebenstehender Skizze des Verticalschnitts (Fig. 30) die Rippen und die Bekleidungsbleche in einander über, indem die horizontal liegenden Bleche so gebogen sind, dass sie im Querschnitt überhöhte Halbkreise bilden, deren gradlinig verlängerte Schenkel mit denen der benachbarten Bleche unter Einschaltung eines schmalen Zwischenbleches zusammengenietet sind. Durch ebenso gebogene Winkeleisen sind die Hauptbleche mit den verticalen Säulen verbunden. Die Thore haben 340 Mark pro □m gekostet, sind also reichlich doppelt so theuer, aber weit weniger rationell als die vorher besprochenen zu Charenton.

Die in Fig. 16 bis 25, Taf. LIV dargestellte Construction der Thore der Weserschleuse zu Hameln (vergl. Taf. L) ist ebenfalls eine noch vereinzelt stehende. Sie zeichnet sich jedoch durch grosse Einfachheit und Billigkeit aus und erscheint als eine geeignete Zwischenstufe zwischen der Construction mit Riegeln und Bekleidungs-

blechen, welche für Canalschleusen besonders vortheilhaft ist, und derjenigen grösserer Seeschiffsschleusen mit doppelten Blechwänden. Es ist nämlich der Hamelner Schleuse mit Rücksicht auf die die Weser befahrenden Raddampfer die sonst bei Fluss- und Canalschleusen nicht übliche grosse Weite von $11^m,1$ in der Höhe des gewöhnlichen Sommerwassers gegeben, wobei die Anwendung grader Riegel schon sehr bedeutende Dimensionen derselben verlangt haben würde. Bei dem von Beckering aufgestellten Entwurfe lag die Absicht zu Grunde, die mit einem Radius von $12^m,92$ gekrümmte einfache Blechwand nicht nur als Bekleidung, sondern sie vorzugsweise zur Aufnahme aller aus dem Wasserdruck von rund 3^m hervorgehenden Horizontalkräfte zu benutzen. Wenn hierzu nach den angestellten und in § 7 angedeuteten Berechnungen eines gekrümmten Thores schon die Blechstärke von 5^{mm} ausreichend schien und nur eine Beanspruchung von 400^k auf $1\square^{cm}$ ergab, so musste doch, zur Vermeidung einer die Berechnung illusorisch machenden geringen Formveränderung, die Blechwand noch ausgesteift werden. Hierzu und um überhaupt eine Wende- und Schlagsäule von einem zu der Blechwand symmetrischen Querschnitt zu ermöglichen (siehe Fig. 22 und 23) wurden in der Höhe jedes horizontalen Blechstreifens zu beiden Seiten des Thorflügels T-Eisen angenietet, die zugleich als Laschen für die horizontalen Nähte der Bleche dienen. Durch diese riegelartigen Rippen wurde die Sicherheit der Blechwand gegen den tangentialen Horizontaldruck noch reichlich verdoppelt.

Es würde hiermit das Thor gegen den grössten Wasserdruck und selbst gegen etwaige Stösse u. s. w. gesichert erscheinen; nur erforderte die Sicherheit gegen die aus dem Eigengewicht und der Form des Thores hervorgehenden Angriffe noch eine weitere Verstärkung. Wie in § 7 auf S. 886 näher besprochen und aus der Skizze Fig. 13, S. 885 ersichtlich ist, liegt der Schwerpunkt S jedes Flügels ausserhalb der Blechwand; es liegen folglich auch die auf den oberen und unteren Zapfen wirkenden Kräfte $H = \frac{G\,l}{2\,h}$ in der durch den Schwerpunkt und die Zapfenmittelpunkte bestimmten Ebene, so dass der durch die Blechwand gebildete Bogen oben auseinander gezogen, unten aber zusammengedrückt wird. Hiergegen ist er durch segmentförmige Horizontalbleche (siehe Fig. 17 bis 20) oben und unten, sowie ausserdem nochmals in der halben Höhe versteift. Es dienen aber auch die oberen Bleche zur Laufbrücke und die unteren zur Anbringung eines Holzfutters für den auf diese Weise gradlinig gewordenen Drempel. Das mittlere Segment gewinnt hauptsächlich seine Bedeutung durch die Verbindung mit zwei verticalen Blechrippen, welche zur Steifigkeit gegen Verbiegung in verticalem Sinne hinzugefügt wurden. Ein starkes Zugband ist endlich erst nach der Aufstellung der Thore angebracht worden, nachdem sich herausgestellt hatte, dass die ganze Construction gegen das Versacken doch nicht steif genug war, und dass eine merkliche Formveränderung stattfand. Zur Anbringung der Zugbänder wurden die eingehängten Thorflügel auf künstliche Weise zum genauen und richtigen Schluss gebracht und danach die Bänder zunächst nur provisorisch befestigt. Dieselben haben ihren Zweck vollständig erfüllt. Die grösseren Unterthorflügel wiegen etwa je 120 Ctr. Nur in diesen sind, wie aus Fig. 19 und 20 ersichtlich, je zwei Schützöffnungen zum Entleeren der Schleusenkammer angebracht, während das Füllen derselben durch entsprechende Umläufe geschieht. Mit allen Nebenkosten hat $1\square^m$ der Thorflügel durchschnittlich nur 132 Mark gekostet, also 12 Mark weniger als bei den sehr viel kleineren Thoren der Schleuse zu Charenton, welche die bis dahin construirten eisernen Schleusenthore an Billigkeit weit übertrafen.

Als Beispiel für die Construction der aus zwei Blechwänden zusammen gesetzten sog. Schwimmthore dienen zunächst die in den Jahren 1859 bis 1861 erbauten Thore der $23^m,35$ weiten Hafenschleuse zu Geestemünde, von denen der Flügel eines Ebbethores in Fig. 14 bis 25, Taf. LV dargestellt ist.[9]) Die maassgebenden Wasserverhältnisse gehen aus Fig. 11 bis 16, Taf. LI und aus dem im § 5 über diese Schleuse Gesagten hervor. Die Grundzüge der Berechnung sind im § 7 angegeben. Jeder Thorflügel ist innen und aussen mit seinen beiden cylindrischen Flächen nach gleichen Radien von $17^m,4$ gebildet, wobei die Aussenfläche beider Flügel eine einheitliche wird, während die innere Fläche jedes Flügels auf je $2^m,4$ von den Enden grade gelassen ist. Die Mittellinie des horizontal durchschnittenen Thores, welche durch die Mitte der Wende- und Schlagsäule geht, ist mit einem um 7^{cm} kleineren Radius beschrieben. Die Thore sind dabei im Inneren in der Mitte $0^m,802$, an den Enden $0^m,634$ weit.

Die Blechstärken sind zunächst nach der Höhe, dem Wasserdruck entsprechend, sodann ferner mit Rücksicht auf das Eigengewicht der Thorflügel auch nach der Länge verschieden, wie dies zum Theil aus den in Fig. 14 in Millimetern eingetragenen Maassen hervorgeht. Die unteren Bodenplatten sowie die obersten Deckplatten, und ebenso die Verticalwände an den beiden Enden sind aus den stärksten, nämlich $12,5^{mm}$ starken Blechen gebildet.

Der Höhe nach sind ferner die Thore durch Horizontalwände abgetheilt, welche unten $0^m,87$, oben 1^m Abstand haben und aus $11^m,1$; $9^m,5$ und 8^{mm} starken Blechen gebildet sind. Der Länge nach befinden sich 3 Verticalwände aus $9,5^{mm}$ Blechen zwischen den beiden Hauptflächen.

Es besteht sonach jeder Thorflügel aus einem völlig geschlossenen Hauptkörper, welcher durch horizontale Bleche in einzelne Kasten zerlegt wird, die wieder durch die verticalen Bleche in einzelne Abtheilungen zerfallen. Die halbcylindrischen Wendesäulen bilden ausserdem kleine Abtheilungen für sich, die jedoch durch Aussparungen in der Verticalwand, welche sich auch in den beiden rechts und links von der Mitte liegenden Verticalwänden wiederholen, mit den horizontalen benachbarten Abtheilungen in Verbindung stehen. Im Uebrigen sind sämmtliche Abtheilungen mit Winkeleisen und Laschen wasserdicht in sich und fest mit den benachbarten Abtheilungen durch Nietung zusammengefügt. Zu beiden Seiten der mittleren Verticalwand sind Mannlöcher angebracht, durch welche jede Abtheilung zugänglich gemacht wird. Durch Einbringung von je zwei gusseisernen Mannlochdeckeln mit gewöhnlichen Schraubenbügeln kann jede einzelne Abtheilung gegen die darunter liegenden abgesperrt werden, wenn solches bei vorkommenden Reparaturen nothwendig werden sollte.

Die Wendesäule ist ebenfalls ganz aus 19^{mm} starkem Walzblech mit entsprechenden Winkeleisen und aussen mit versenkten Nieten construirt, was zwar gewisse Schwierigkeiten geboten hat, indess wegen der Gleichmässigkeit des Materials für das ganze Thor grosse Vorzüge vor gemischten Constructionen gewährt. Es ist dabei die Excentricität der Zapfen oder der senkrechten Drehachse nur zu $12,5^{mm}$ genommen, damit beim Offenstehen der Thore schwimmende Körper nicht hinter das Thor in die Wendenische dringen und sich dort festsetzen. Wenn auch diese Anordnung einer so geringen Excentricität bei so grossen Thoren für gewöhnlich zweckentsprechend scheint, so hat sie sich doch bei starkem Frost nicht völlig bewährt. Es bildet sich

[9]) Näheres siehe Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1865.

alsdann während des Offenstehens feines Eis, welches bei dem Zudrehen eingeklemmt wird. Wiederholtes Oeffnen und Schliessen vermehrt das Uebel bis die Beseitigung des Eises nothwendig wird, um etwa einen Bruch des oberen Zapfens oder Halsbandes zu verhüten. Thatsächlich ist bei der Geestemünder Schleuse in einem Winter wenige Jahre nach der Erbauung durch das Einklemmen des Eises ein Bruch des ursprünglich gusseisernen Zapfenträgers (s. Fig. 20 und § 17) eingetreten. Es dürfte daher wohl zu erwägen sein, ob nicht auch bei grossen Seeschleusen eine ähnliche Anordnung der Wendesäule anzuwenden sein könnte als z. B. bei der Schleuse Fig. 1, Taf. LIV. Wie oben erwähnt, wird dabei namentlich auch eine leichtere Bewegung in der Nähe der Thornische gewonnen.

Wie die Wendesäule oben und unten die Zapfen- und Pfannenplatte trägt und ferner wie zum elastischen Anschlagen und dichten Anschluss der Wendesäule, des Unterrahmens oder der Bodenplatte und endlich der Schlagsäule hölzerne Schlagleisten angeschraubt sind, zeigen die Fig. 21 bis 25. Aus diesen geht jedoch nicht deutlich hervor, dass unter allen diesen Holzflächen die Hauptbleche noch mit schwächeren 6^{mm} starken Blechen belegt sind. Dieses ist geschehen um jene Hauptbleche mehr vor dem Rosten zu schützen, welches unter den Holzflächen besonders zu befürchten ist, und um an diesen wichtigen Stellen die Steifigkeit noch etwas zu erhöhen.

Sollten die Thore ausnahmsweise dazu gebraucht werden, die Schleusenkammer bei etwaigen Reparaturen trocken zu legen, so würde noch bei einem hohen Aussenwasserstande von $8^m,76$ Wasserdruck vor den Fluththoren die Sicherheit der Construction eine 18-fache sein, indem dieselben $4222\square^{cm}$ Querschnitt an der schwächsten Stelle und ohne die Laschen besitzen. Aehnlich sicher sind die Ebbethore.

Das Gewicht eines Fluththorflügels ist $80\,655^k$ und mit Einschluss der festen Nebentheile $85\,000^k$, das eines Ebbethorflügels bezw. 60 445 und $65\,000^k$. Bei gewöhnlicher Fluth findet dagegen ein Auftrieb von $91\,105^k$ statt, dessen verticale Mittellinie $6^m,5$ von der Drehachse liegt, während der Schwerpunkt des Thorgewichts nur $5^m,8$ davon entfernt ist, so dass also die Thore stets einen Seitendruck auf den Unterzapfen ausüben.

Um die Thore grade schwimmen zu lassen, müssten bei gewöhnlicher Fluthhöhe die Fluththore $0^m,44$ und die Ebbethore $2^m,17$ hoch mit Wasser gefüllt sein. Es ist jedoch vorgezogen erstere leer zu lassen und letztere nur $1^m,74$ hoch zu füllen, so dass schon vor Eintritt der Fluthhöhe ein Schwimmen der Thore beginnt. Die geeigneten Wasserstände in denselben werden durch kleine Pumpen erhalten, selbst dann wenn die Thore etwas leck sein sollten. Eine dieser Pumpen ist in Fig. 14 links angedeutet.

An jedem Ebbethorflügel sind 2 Schützöffnungen von $0^m,8$ Breite und $0^m,47$ Höhe angebracht, welche nur zur Spülung der Oberfläche des Drempels und des Schleusenbodens dienen. Dieselben sitzen in verschiedener Höhe, wie Fig. 14 zeigt. Eine kleine dritte Oeffnung in der Nähe der Wendesäule soll den sich zwischen der Anschlagfläche und der Oberkante des Drempels etwa ansetzenden Schlick entfernen. Im Uebrigen geschieht das Füllen und Leeren der Kammer durch grosse Umläufe im Mauerwerk. Vergl. § 19.

Wie specieller im § 17 besprochen ist, müssen die oberen Zapfen zu Zeiten einen starken Auftrieb ertragen. Zu ihrer Unterstützung sind bei den Fluththoren Feststellungsvorrichtungen angebracht und zwar sowohl gegen Druck nach unten als nach oben. Die Ebbethore besitzen nur Feststellungsvorrichtungen gegen abwärts

gerichteten Druck. Diese Vorrichtungen bestehen alle aus einem schmiedeeisernen Schraubenapparate, der auf entsprechend starke schmiedeeiserne Hebel wirkt. Die Schraubenapparate sind auf $^3/_4$ der Thorlänge in dem seitlichen Mauerwerk angebracht und fest verankert. Dass Rollen zur Unterstützung nicht nothwendig, ist nach dem Obigen klar. Ueber die Bewegung der Thore siehe § 18.

Zu allen 6 Thorflügeln waren nach obigen Gewichtsangaben rund 403 000^k fertige Schmiedearbeit erforderlich, wozu 407 500^k Material verbraucht sind. Die sämmtlichen Nebentheile, Zapfen, Schützen, Pumpen, Winden, Rollenkasten, Feststellvorrichtungen und Geländer wiegen 116 250^k. Da die ganzen Thore mit allen Nebentheilen 243 000 M. gekostet haben und eine Fläche von 827□^{m} ausmachen, so kommt auf 1□^{m} Thorfläche einschliesslich der Nebentheile nur rund 300 M.

Die in Fig. 1 bis 10, Taf. LV dargestellten wesentlich kleineren Thore der Schleuse zu Brake zeigen in manchen Einzelnheiten eine ähnliche Anordnung wie die Geestemünder Thore; die wesentliche und für die Berechnung durchaus maassgebende Abweichung ist aber, dass die inneren Thorflächen nicht wie die Aussenseite jedes Flügels schwach parabolisch gekrümmt, sondern gerade sind. Ferner sind die Wendesäulen aus Gusseisen construirt. Letzteres wurde des geringen Durchmessers wegen der Blechconstruction vorgezogen. An die gusseisernen Säulentheile schliessen sich mittelst starker Laschen die einzelnen Blechkasten an. Die mit 25^{cm} Radius abgerundete Wendesäule hat eine Wandstärke von 5^{cm} und besteht bei den Fluththoren aus 5, bei den niedrigeren Ebbethoren aus 4 Stücken, deren Stösse mittelst 5^{cm} dicker Flantschen und Schraubbolzen verbunden sind. Am untersten Stück befindet sich die mit einer Stahlplatte ausgefutterte Pfanne, das oberste Ende enthält den Zapfen für das Halseisen, welches bei den Fluththoren zur besseren Befestigung im Mauerwerk um 0^m,73 unter dessen Oberkante liegt. Die Excentricität des Zapfens beträgt 25^{mm}. Die Stärken der verticalen Bleche nehmen von oben nach unten und von der Schlagsäule nach der Wendesäule hin zu, wie die in Fig. 1 eingeschriebenen Zahlen angeben, bis zur gleichbleibenden Stärke der unteren 4 Blechreihen von 9,5^{mm}. Aehnlich nehmen auch die Horizontalbleche von oben nach unten zu. Die geöffneten Thorflügel erhalten in den Nischen durch zwei in verschiedener Höhe zwischen Hoch- und Niedrigwasser liegende horizontale Hölzer eine sichere und elastische Rücklehne, insbesondere gegen etwaiges Anstossen von Schiffen. Die Fluththore haben bei gewöhnlicher Fluth noch ein geringes Uebergewicht nach unten und sind, wie Fig. 2, 8 und 10 zeigen, mit einer Feststellvorrichtung, aber nur gegen Druck von oben bei niedrigem Wasser, versehen. Da die geöffneten Ebbethore ohnehin schwimmen, so war bei diesen keine solche Vorrichtung nöthig. Die 4 Thorflügel mit ihren Nebenconstructionen haben rund 93 000 Mark gekostet, so dass, da ihre verticale Gesammtfläche 260□^{m} beträgt, 358 Mark Kosten auf 1□^{m} kommen. Näheres siehe Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. z. Hannover, Bd. XIV.

Sehr ähnlich wie die zuletzt beschriebenen Thore ist auch das Schleusenthor der in den Jahren 18$^{56}/_{61}$ gebauten Dockschleuse zu L e e r von 16^m,8 Weite, wobei nur ein einziges Ebbethor vorhanden ist. Vergl. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. IX. Hierbei liegt die obere Kante des Thores 1^m,5 niedriger als die höchste Sturmfluthhöhe, welche demnach frei in das Dockbassin eintreten kann, aber dort wegen der noch um 1^m,2 höheren Kaimauer keinen Schaden thut. Dagegen ist die Oberkante um 1^m,5 höher als die ordinäre Fluth reicht, um zu Gunsten einer möglichst kräftigen Spülung (siehe § 19) nicht lediglich auf ordinäres Hochwasser beschränkt zu sein, und um bei mehrere Tage anhaltenden höheren Fluthen einen für die Ladezwecke günstigeren Wasserstand im Bassin zu halten. Die auf den Thorflügeln ruhende Laufbrücke wird durch hohe eiserne Stützen getragen und liegt mit der Kaimauer in gleicher Höhe.

Der in Fig. 11 bis 13, Taf. LV dargestellte Fluththorflügel der grossen Schleusen des A m s t e r d a m e r N o r d s e e c a n a l s ist der Mittheilung von W i e b e, Zeitschr. f. Bauw. 1872 entnommen und macht hinsichtlich einiger Details, z. B. der Zapfen oben und unten, keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Das Eigenthümliche dieser Construction besteht ähnlich wie bei den beiden letztbesprochenen Thoren darin, dass die äussere Krümmung zwar nach einem flachen Kreisbogen gebildet, aber nicht für beide Thorflügel continuirlich ist. Das Innere bilden, wie die zum Theil als Verticalschnitt, zum Theil als äussere Ansicht dienende Fig. 11 sowie der Schnitt in Fig. 13 zeigt, zwei grosse durch eine in der Höhe des normalen Canalwassers liegende Horizontalwand getrennte Hohlräume. Statt der bei den vorher beschriebenen Schwimmthoren vorkommenden vollen Horizontalbleche sind hier nur an den

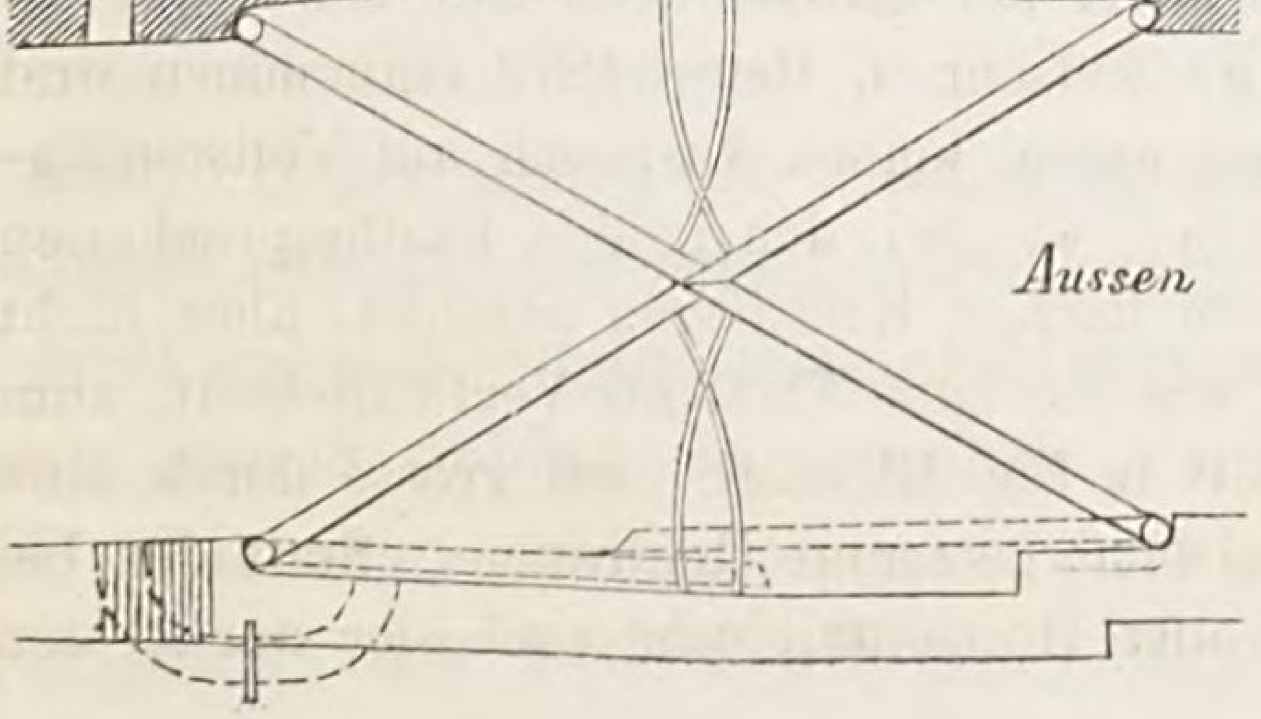
Stössen der Aussenbleche schmale Blechstreifen und an den inneren 6 Verticalversteifungen einzelne kurze horizontale Blechstücke eingelegt, welche letztere nur an den Enden des Flügels oder in der Wende- und Schlagsäule voll durchgehen. Die Verticalversteifungen, mit Ausnahme an den Enden, wo ebenfalls volle Bleche sich befinden, bestehen nur aus senkrechten Winkeleisen und Eckstücken. Ausserdem liegt noch an den Enden des Flügels in der Mittellinie desselben je eine starke Verticalrippe. Die Aussenbleche sind an den Stössen innen durch Winkeleisen, aussen durch breite Laschen zusammengehalten. Ueber letztere hinweg gehen an dem oberen Theil des Flügels noch diagonale Blechstreifen. Der Rücken der Wendesäule wird in ähnlicher Weise wie die Schlagsäule durch ein Holzstück gebildet. Ausserdem liegt zum wasserdichten und weicheren Anschlage der Wendesäule und des Unterrahmstückes noch eine verticale bezw. horizontale Holzleiste an der inneren Seite des Thores. Die Wendenische ist nur in der Höhe der riegelartigen Horizontalrippen des Thores durch vorspringende Quader gebildet. Zur Unterstützung des geöffneten Thores dienen an den freien Enden senkrechte, durch die ganze Thorhöhe hindurchgehende Schraubenspindeln, welche von oben mit einem Vorgelege gedreht werden können. Jeder Flügel besitzt zur Füllung und Leerung der Kammer zwei Schützen, während Umläufe in den Mauern nicht vorhanden sind. Im Ganzen darf wohl bezweifelt werden, dass die angegebene Construction an Sicherheit und Zweckmässigkeit der Construction der zuvor besprochenen grossen Seeschleusen gleichkommt.

Was schliesslich die Ausführung und Aufstellung der eisernen Thore anlangt, so geschieht bei kleineren Thoren die erstere meistens in der betreffenden Fabrik und die letztere in ähnlicher Weise wie bei den Holzthoren. Dagegen werden grosse Seeschleusenthore oft der Kostenersparung wegen in der Schleuse selbst und zwar mit Hülfe leichter Gerüste gleich in aufrechter und nahezu geschlossener Stellung montirt, nachdem die Hauptstücke in der Fabrik soweit es geht vorbereitet sind. Es müssen jedoch die Seitenmauern dazu fast vollendet sein, um die Wendesäule gleich im Ganzen zusammenzusetzen und die anderen Stücke an diese anheften zu können. Da der Anschlag stets in Holz ausgeführt wird, so ist die Zusammendichtung wie bei den Holzthoren.

§ 16. Sonstige Thore: Doppelthore, Fächerthore, Klappthore, Schiebethore, Pontons. Unter besonderen Umständen kann es wünschenswerth sein, statt der üblichen Drehthore andere Anordnungen und Constructionen von Thoren anzuwenden. Dies ist namentlich der Fall, wenn von der Schleuse gefordert wird, dass sie sich auch gegen den höheren Wasserdruck von Aussen oder von Innen leicht öffnen lassen soll. Das erstere kommt vor, wenn die Schleuse auch als Entlastungsschleuse eines angeschwollenen Wasserlaufes zu dienen hat, um denselben vor zu hoher Anschwellung zu schützen, das zweite, wenn sie einen höheren inneren Stand nach Belieben halten und etwa plötzlich zum Zwecke von Spülungen das Binnenwasser nach dem niedrigeren Aussenwasser hin ausströmen lassen soll.

Zu diesen verschiedenen Zwecken sind in Holland gegen Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts verschiedene sinnreiche Combinationen von Drehthoren erfunden, welche meistens nach ihren Erfindern genannt werden. Dieselben sind jedoch fast alle in ihrer Anwendung zu umständlich und in der Ausführung zu kostspielig als dass sie einen grossen praktischen Werth erhalten hätten. Es mag deshalb von einigen nur eine flüchtige Andeutung genügen. — Die hieneben in Fig. 31 skizzirte, bei Gouda und Schiedam ausgeführte Schleuse von Donker zeigt zwei sich als Diagonalen eines Rechtecks gegeneinander stützende Thorpaare, welche geschlossen von jeder Seite einen höheren Wasserstand halten können. Ist das Wasser aussen höher, so stemmen sich die Binnenthore wie gewöhnliche Stemmthore. Ist dagegen das Binnenwasser höher und soll demnach die Schleuse geschlossen bleiben, so brauchen nur durch Schützen in

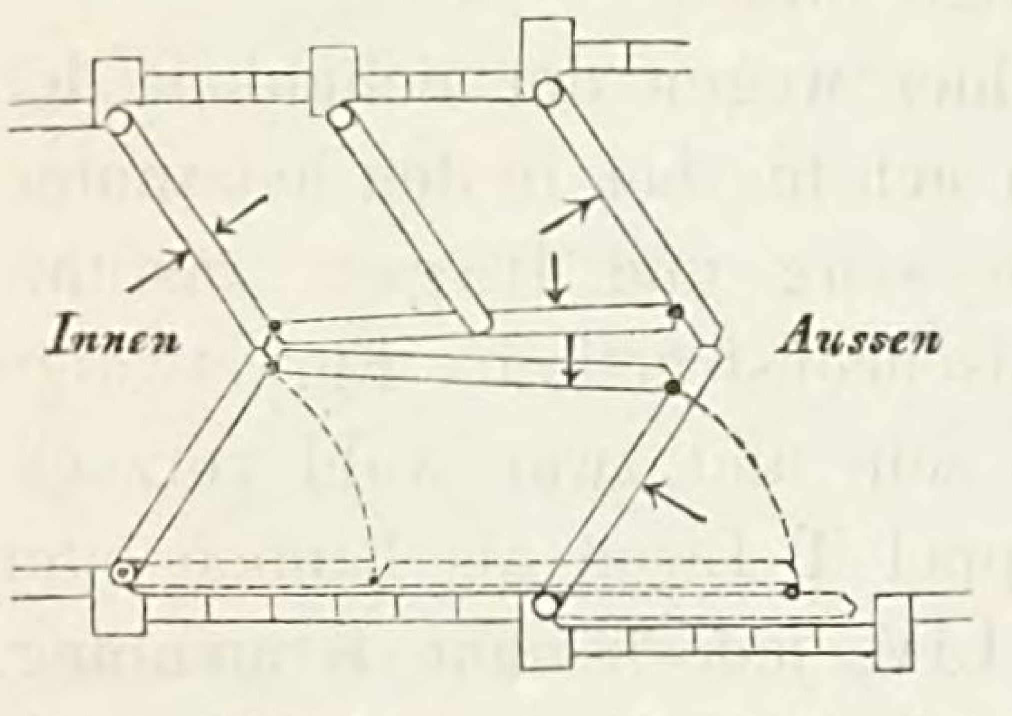
Fig. 31.



den Binnenthoren die dreieckigen Räume der Thorkammern gefüllt zu werden, um den Druck auf die äusseren Thore zu übertragen. Sobald aber die Umläufe zwischen diesen Räumen und dem Aussenwasser geöffnet und jene Schützen geschlossen werden, drängen mit ihren Spitzen oder Schlagsäulen die inneren Thore die äusseren auseinander und es legen sich alle Flügel in die Nischen, so dass das Binnenwasser ausströmt. Aber die Schleuse kann erst wieder geschlossen werden, wenn das Wasser sich nahezu ausgespiegelt hat.

Die in nachstehender Skizze Fig. 32 angedeutete, bei Ter Neuzen ausgeführte Schleuse von Alewyn gestattet eine Oeffnung gegen den höheren Wasserdruck dadurch, dass die hintereinander liegenden correspondirenden Flügel der beiden Drehthorpaare mit je einem längeren Zwischenflügel gekuppelt sind. Die hierdurch entstehenden rautenförmigen Räume können nach Belieben mit dem höheren Wasser in Verbindung gesetzt und gefüllt oder nach dem Unterwasser entleert werden. Im ersteren Falle, der durch die Pfeile in der oberen Hälfte der Zeichnung ausgedrückt ist, wird durch den Ueberdruck des hinteren Thores die Schleuse geschlossen erhalten. Sobald aber der genannte Raum entleert wird, drängen, trotz des Druckes gegen das obere nicht ganz geschlossene Thor, die längeren Kuppelwände die Flügel dieses Thores sowie des neutralen unteren Thores in die Nischen. Der unbekleidete Zwischenflügel auf der oberen Seite der Figur bedeutet nur eine Aussteifung der langen Kuppelwände.

Fig. 32.



Eine glücklichere Lösung der Aufgabe zeigt die in Fig. 1 bis 3, Taf. LVI dargestellte Fächerschleuse von Blanken. In ähnlicher Weise sind in Holland mehrere Schleusen erbaut, dagegen soweit bekannt in Deutschland nur die in Taf. LVII angedeutete Schleuse des ältesten Bassins in Bremerhafen. Der gewöhnlichste Zweck derselben ist, aus einem Binnenbassin zur Spülung des Vorhafens während des niedrigen Aussenwassers eine starke Ausströmung zu veranlassen. Die Construction und Anordnung geht aus der Fig. 3, Taf. LVI leicht hervor, wenn namentlich die nur durch punktirte Schlitze angedeuteten Schützen in den Umlaufcanälen beachtet werden. Indem die zwei ungleich langen, in der Regel sich wie 5 zu 6 in der Länge verhaltenden Flügel jeder Seite fest mit einander zu einer Fächerform verbunden sind, und hinter dem grösseren Flügel ein im Grundriss nahezu einen Quadranten bildender Raum vorhanden ist, kann durch Füllung dieses Raumes mit Oberwasser die Schleuse bei jedem Wasserstande geschlossen werden, auch wenn an der Drempelseite der kleineren Flügel das Wasser höher steht. Umgekehrt kann durch Entleerung jenes Raumes und bei höherem Wasserstande an der anderen Seite des Thores durch den Ueberdruck der grösseren Flügel der ganze Fächer in jenen Raum zurückgedrängt und das ganze Thor geöffnet werden. In letzterem Falle findet also eine Durchströmung des höheren Wassers statt.

Die Construction dieser im Grossen bis jetzt nur in Holz ausgeführten Thore unterscheidet sich in mehreren Punkten von der Construction der gewöhnlichen Drehthore. Zunächst muss der Spielraum zwischen dem grösseren Flügel und dem zugehörigen Theil der Thorkammer sowohl an dem Boden, als an der gekrümmten Seitenwand möglichst klein gehalten werden, um den Ueberdruck des höheren Wassers desto wirksamer werden zu lassen. Eine Schwelle zwischen den beiden Thorkammerböden pflegt dabei nicht vorhanden zu sein. Sodann müssen die grösseren Thorflügel unbedingt, die kleineren nur wenn sie auch von der Drempelseite her höheres Wasser kehren sollen, von beiden Seiten einen den Wasserverhältnissen entsprechenden Druck ertragen können. Zu dem Zwecke hat man ihnen anfangs an beiden Seiten eine Bohlenbekleidung gegeben, jedoch nach Storm Buysing gefunden, dass sich der innere Raum mit Schlick u. s. w. gefüllt habe und dass die Hölzer sehr bald von

Fäulniss angegriffen seien. Storm Buysing empfiehlt daher nur eine einfache Bekleidung, jedoch unter Anwendung von geeigneten Eisenbeschlägen auf derselben, um ein Abdrücken der Bohlen durch den von der anderen Seite kommenden Wasserdruck zu verhüten. Es ist zweifellos, dass bei Anwendung einer Eisenblechconstruction grade diese Thore sehr viel günstiger als aus Holz hergestellt werden können. Endlich ist eine besondere Sorgfalt auf die Verbindung der beiden Flügel, und zwar sowohl auf Druck als auf Zug, zu verwenden und würde auch hier wieder die Eisenconstruction vor der Holzconstruction wesentliche Vorzüge bieten.

Auf die speciellere bisherige Construction soll hier wegen der Seltenheit der Anwendung nicht näher eingegangen werden. Es finden sich hierbei in den bekannten Handbüchern (s. Literaturverzeichniss) von Storm Buysing und Hagen ausführlichere Angaben, jedoch ohne Berücksichtigung der Eisenconstruction. Für etwaige neue Thore dürfte dagegen nur die letztere zu empfehlen sein und zwar wohl vorzugsweise die einer einfachen Blechwand mit **T**- oder Doppel **T**-Eisen als Rippen oder Riegel nach dem Princip der Constructionen auf Taf. LIV, jedoch ohne Krümmung. Die Verbindungsstücke der beiden Flügel hätten dann einfach an den einander zugekehrten Profileisen anzugreifen und würden sie bei geeigneter Zahl und Lage jede Formveränderung der beiden Flügel im horizontalen Sinne völlig verhindern können. Eine derartige Construction würde nicht viel theurer kommen und ungleich dauerhafter sein, als die in diesem Falle besonders ungünstige Holzconstruction.

Von der in Bremerhafen vorhandenen 11^m weiten, in nachstehender Skizze Fig. 33 im Grundriss angedeuteten Blanken'schen Schleuse, welche in Verbindung mit einer Kammer und einem Aussenhaupt als Einfahrt in das älteste dortige Hafenbassin dient, sei noch bemerkt, dass sie mit gutem Erfolge zur Beseitigung des Schlicks in den Thorkammern und dem nächsten Theile des Vorhafens dient, aber hierzu in der Regel nur während der Springfluthen benutzt wird. Dagegen wird sie im Winter täglich gebraucht, sobald sich Eis im Hafen befindet, welches sie durch die Spülungen sehr bequem beseitigt. Abweichend von den Angaben Hagen's auf S. 310 des Handbuchs der Wasserbaukunst, II. Th. 3. Bd., wonach eine völlige Oeffnung solcher Thore bei einer kräftigen Spülung wegen des heftigen Wasserstosses nicht stattfindet, sei noch bemerkt, dass sich die Hauptflügel dieser Schleuse bei einer kräftigen Spülung vollständig öffnen, indem der ganze Fächer in seine Nische oder Kammer tritt.

Fig. 33.

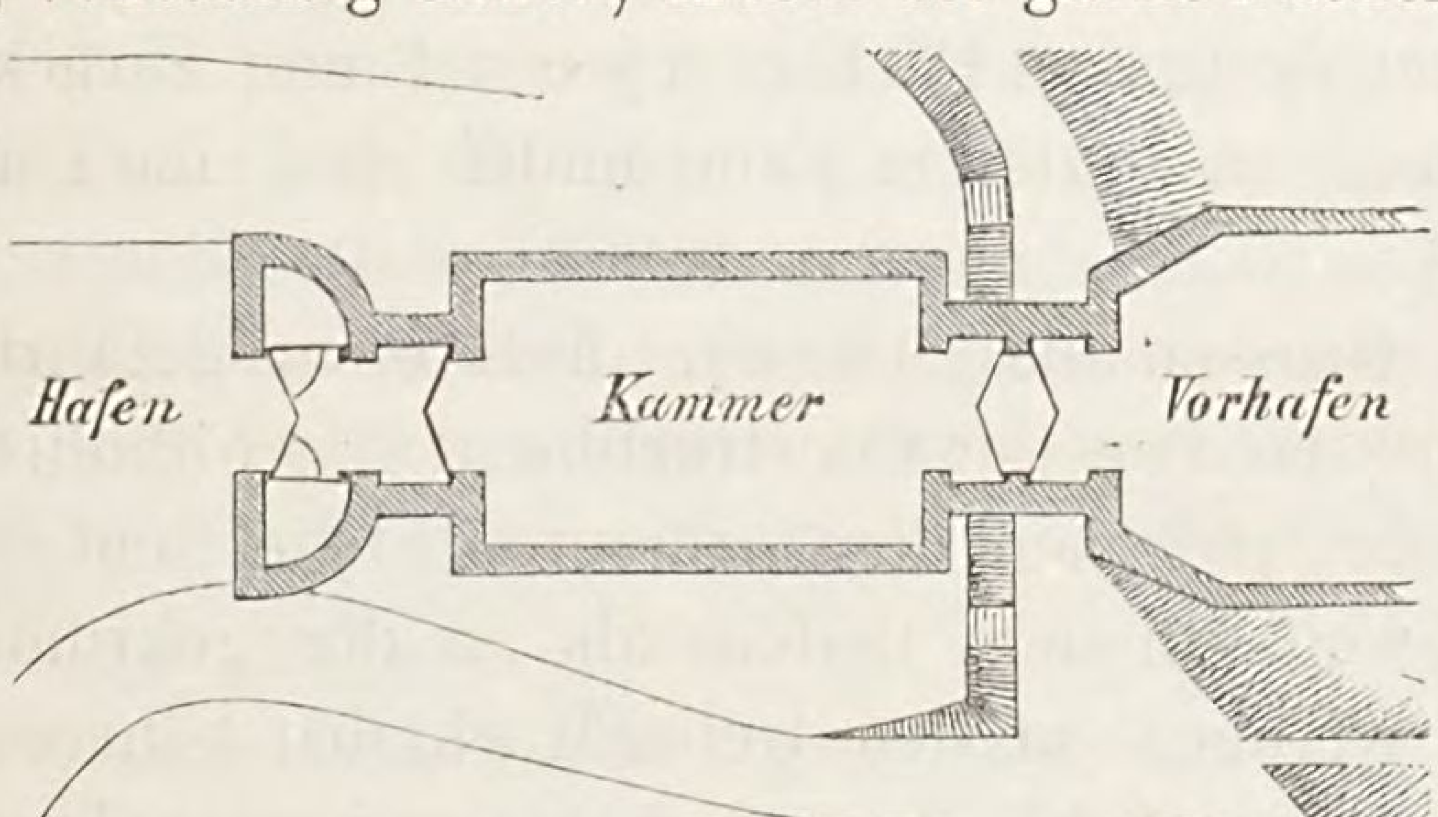
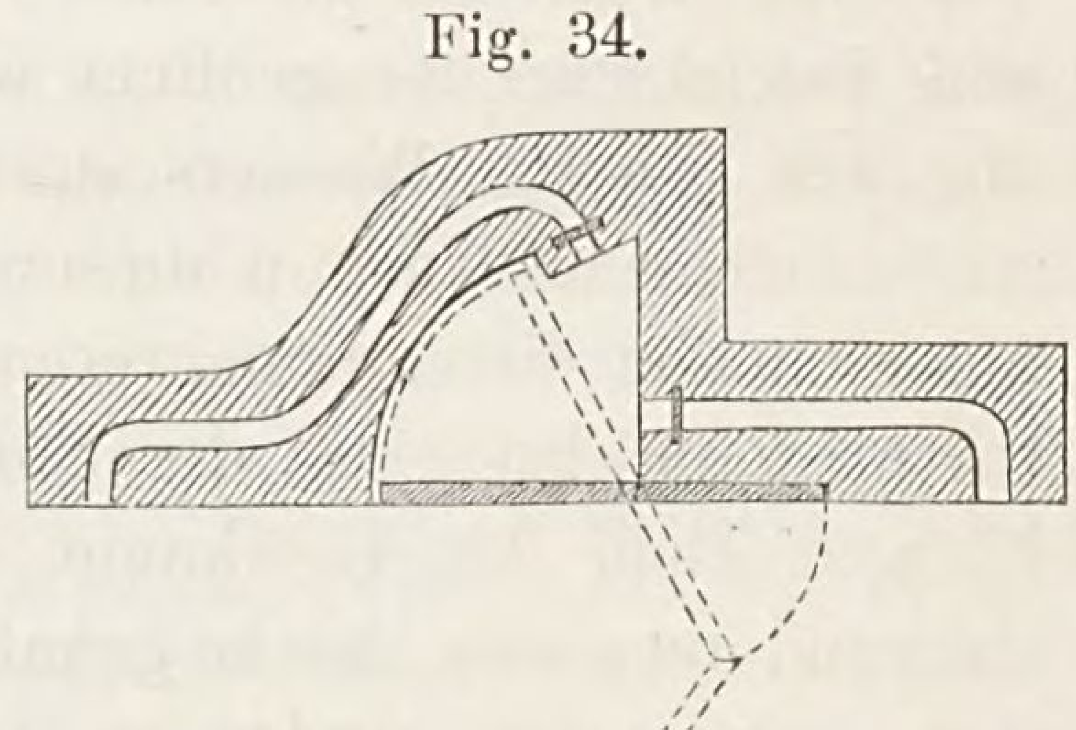


Fig. 34.



Eine ähnliche Anordnung wie die Blanken'sche Schleuse ist nach vorstehender Skizze Fig. 34 möglich durch Anbringung einer gleichen quadrantförmigen Nische, in welche der längere Flügel eines übrigens gradlinig mit dem kürzeren Flügel verbundenen Drehthores schlägt.

Thore mit horizontaler Achse oder Klappthore sind bis jetzt nur in Amerika und zwar seit 1862 an dem Erie-Canal anstatt früherer gewöhnlicher Thore

eingeführt. Die Fig. 12 bis 16, Taf. LII geben das Wesentlichste dieser Thore und ihres Zubehörs, namentlich der Vorrichtung zum Füllen der Kammer. Da die Einrichtung etwas complicirt ist, so sei sie zunächst im Allgemeinen und danach specieller beschrieben. Das in Fig. 16 aus dem Längenschnitt der Schleuse am Oberhaupte in seinem Querschnitte gezeichnete Thor befindet sich etwa in der Mitte zwischen völligem Liegen und Aufrichten. Sobald es liegt, ist es mit seiner Oberfläche etwas niedriger als der gemauerte Vorschleusenboden oberhalb der Thorkammer, der zugleich den Abfallboden der Schleuse bildet. Sobald das Thor mit Hülfe der Kette ohne Ende aufgerichtet ist und das Oberwasser kehren soll, steht es nicht ganz steil, sondern etwas schräg, indem es sich mit seinen beiden Seitenriegeln gegen zwei aus Fig. 10 und 12 erkennbare, schräge und an der Mauer befestigte Ständer lehnt. Die eigenthümliche Form dieser aus zwei Stücken bestehenden Ständer ist durch die von der früheren Einrichtung her belassenen Wendenischen zu erklären. In Fig. 12 im Grundrisse und in Fig. 14 in der Ansicht vom Oberwasser erscheint es völlig aufgerichtet. In diesem Stande stützt es sich unten mit seiner halbrunden Achse gegen die entsprechend ausgehöhlte Schwelle, wie ein verticales Thor mit der Wendesäule gegen die Wendenische. Soll dann das Oberwasser aufgehalten werden, so muss der horizontale, in Fig. 15 gezeichnete Holzboden, auf welchem das niedergelegte Thor sich auflegt, mit seinen 4 halb offen gezeichneten Schützöffnungen geschlossen sein. Diese Schützen werden aber geöffnet, wenn das Oberwasser in das unter dem Boden und hinter dem Thore befindliche Unterwasser treten soll. Es ist dazu der Raum unter dem Thorkammer- oder Schützenboden und der Raum der Kammer stets in freier Verbindung, wie der untere Theil von Fig. 14 zeigt. Zur besseren Veranschaulichung sei noch bemerkt, dass in Fig. 16, wo das Thor halb aufgerichtet ist, das Oberwasser etwa in der Höhe der obersten Quaderfuge gedacht werden muss. Es könnte also mit Hülfe zweier hintereinander liegenden Thore und dieser Schützvorrichtung ein Schiff in derselben Weise durch die Kammer ein- und ausgeschleust werden, wie mit einer gewöhnlichen Kammerschleuse. Es fährt nur im ersteren Falle das Schiff über die liegenden Thore hinweg. Man hat der constructiven Schwierigkeit wegen diese Thore bis jetzt nicht auch für das Unterhaupt der Schleuse, sondern nur für das Oberhaupt angewandt. Es soll jedoch durch diese Einrichtung eine nicht unerhebliche Zeitersparniss für das Durchschleusen gewonnen sein.

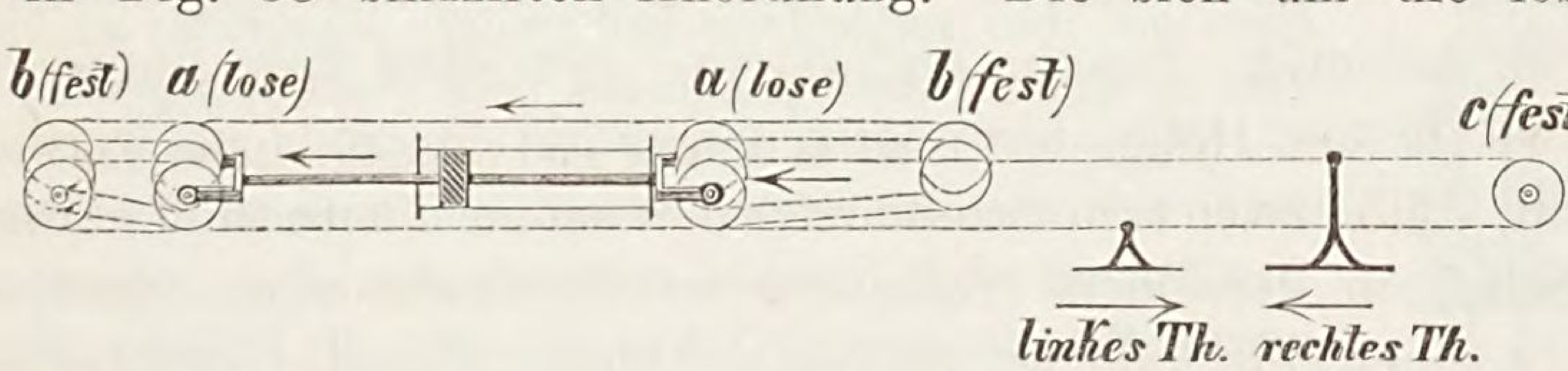
Im Einzelnen sei noch Folgendes bemerkt. Das Thor ist von Holz mit doppelter Bekleidung, deren Zwischenräume mit Steinen so angefüllt sind, dass das Thor sich nach Lösung der auf dem linken Ufer stehenden Winde sanft niederlegt. Zum Aufrichten bedarf die Winde nur einer mässigen Kraft. Das obere Rahmholz des Thores ist zur Verstärkung mit einer Art Sprengwerk versehen. Der hierdurch unter dem niedergelegten Thore entstehende Spielraum dient dazu, dass die Schützen auch bei geöffnetem Thore bewegt werden können. Ausserdem schützt das Thor die Schützen vor einer Beschädigung durch aus- und eingehende Schiffe.

Sehr vereinzelte Anwendung haben Schiebethoren bis jetzt gefunden, wovon Fig. 10 und 11, Taf. LII ein Beispiel aus dem Hamburger Hafen geben. Diese Schleuse verbindet nach Fig. 1, Taf. LVII den neuen Sandthorhafen mit den oberhalb liegenden Hafentheilen, welche zum Theil in directer Verbindung mit der Elbe stehen, so dass die obere und untere Mündung der Hafenflächen über 3000^{m} entfernt sind. Das hierbei zeitweilig eintretende absolute Gefälle von etwa 20^{cm} würde bei Durchströmung der Hafenflächen denselben viel Sand zuführen, wenn nicht eine Schleuse

das Gefälle aufnähme. Eine Kammerschleuse mit Drehthoren würde aber selbst bei der besten Einrichtung mindestens etwa 10 Minuten für jede Durchschleusung erfordert haben und erschien deshalb weit weniger geeignet als die in ihrer Idee von Dalman herrührende Schiebeschleuse, welche, obgleich als Kammerschleuse gebildet, dennoch den durchfahrenden Schiffen fast gar keinen Aufenthalt verursacht. Es musste bei ihrer Anordnung jedoch auf das Durchfahren von Schiffen mit stehenden Masten sowie auf völlige Dichtigkeit des Thorverschlusses verzichtet werden. Beides war übrigens hier zulässig und so war gestattet, dass die Thore oben auf einer Rollenbahn hängen und auch dort ihre Bewegung durch eine Kette ohne Ende erhalten, während sie unten nur zwischen zwei festen Schienen durch horizontale Rollen ihre Führung erhalten. Die innere Unterkante der wie ein Vorhang von der Mitte der Schleuse nach den beiden Seiten sich bewegenden Thorhälften berührt dabei nahezu eine grade hölzerne Schwelle. Sind beide Hälften geschlossen, wie in Fig. 10 dargestellt, so berühren sie sich ebenfalls nur lose. Die Thore sind aus leichtem schmiedeeisernem Gerippe mit einer doppelten Holzverkleidung construirt und haben unten eine aus vollem Blech construirte kastenartige wasserdichte Erweiterung, durch welche sie annähernd im schwimmenden Zustande erhalten werden. Diese Schwimmkasten sind von oben durch Einsteigeschächte, s. Fig. 10, zugänglich. Die Kammer ist $67^m,4$ lang und $11^m,5$ weit und an beiden Enden, wie durch Fig. 10 in äusserer Ansicht dargestellt ist, gleichmässig ausgestattet.

Die Bewegung beider Thorhälften geschieht gleichzeitig und zwar in etwa 15 bis 20 Secunden durch einen in dem Wärterhause angebrachten hydraulischen Flaschenzug von der in Fig. 35 skizzirten Anordnung. Die sich um die losen Rollen *a*

Fig. 35.



und festen Rollen *b* des Flaschenzuges 3mal umschlingende Kette ohne Ende geht in dem obenerwähnten kastenförmigen Träger von der linken Seite der Schleuse doppelt nach der rechten Seite über eine festliegende Leitrolle *c*. An ihrer unteren Hälfte ist der eine, an der oberen Hälfte der andere Thorflügel befestigt. Sobald sich die losen Rollen *a* nach Rechts fortbewegen, wickelt sich die untere Kettenhälfte auf, die obere aber ab und die beiden Thorhälften entfernen sich von einander. Im umgekehrten Falle schliessen sie sich ebenso gleichmässig.

Indem hinsichtlich des Gebrauchs und der Construction von Pontons oder Caissons übrigens auf Cap. XVII, § 16 Bezug genommen werden muss, so soll hier eine sich dem zuletzt besprochenen Schiebethore eng anschliessende Anordnung beschrieben werden, wobei das Ponton zwar zum Verschluss eines grossen Trockendocks dient, jedoch ebensowohl unter Umständen zum Verschluss einer Schiffsschleuse benutzt werden könnte. Es ist der im Jahre 1874 in Greenock nach dem Projecte von Kinniple[10]) ausgeführte und in Fig. 7 und 8, Taf. LXIV dargestellte Ponton-Verschluss, welcher sich von den gewöhnlichen, freischwimmenden und durch Einlassen des Wassers niedergesenkten Pontons in der Hauptsache dadurch unterscheidet, dass das Ponton auf 4 kleinen zweirädrigen Wagen steht, die auf einem festen Gleise laufen und das Ponton behufs der Oeffnung in eine Nische tragen, dass ferner das Ponton auch bei hohem Wasser zu beiden Seiten nur dann schwimmt, wenn es reparirt und abgefahren werden soll, dagegen für gewöhnlich mit einem mässigen Ueberdruck seine Gleise belastet. Zu diesem Zwecke ist es nämlich, wie aus der rechtsseitigen, im Längenschnitt gezeichneten

[10]) S. Ann. des ponts et chaussées, Bd. XI, 1. Sem., S. 30.

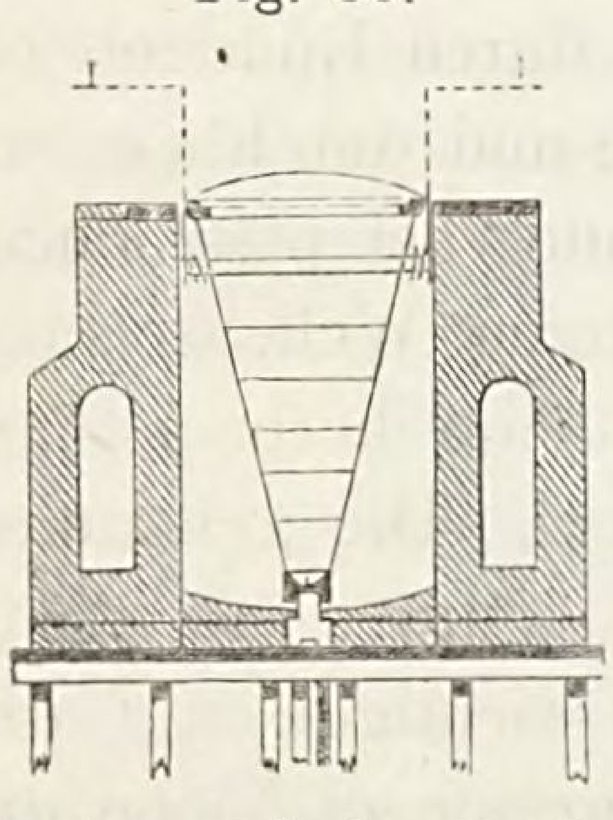
Hälfte von Fig. 7 hervorgeht, durch einen horizontalen Blechboden in zwei Hälften getheilt, wovon die untere stets nur mit Luft gefüllt ist, während die obere sich durch dicht über seinem Boden liegende kleine Oeffnungen je nach dem Stande des äusseren Wassers füllt und entleert. Es ist dadurch bei jedem Wasserstande nahezu gleich schwer, kann jedoch, nach zuvoriger Verschliessung jener Einströmungsöffnungen während des Niedrigwassers, bei höherem Wasserstande zum Schwimmen gebracht werden.

Für den dichten Anschluss an die Schwelle und Seitenfalze ist es an der Dockseite mit hölzernen Anschlagleisten (s. Querschnitt links in Fig. 8) versehen und wird ausserdem durch eine besondere Schraubenvorrichtung fest angeschlossen. Die seitliche Verschiebung des Pontons in die Nische geschieht durch die seitwärts angebrachte Kette ohne Ende, welche mittelst Kettenrädern bewegt wird. In Folge einer Verbindung des Pontons mit einem Punkte der Kette kann es durch entsprechende Drehung der Kettenräder hin- und hergezogen werden.

Wie die Fig. 7 und 8 angiebt, trägt das Ponton eine Brücke von über 7^m^ Breite. Diese Brücke ist für Fuhrwerk zu benutzen und bildet die horizontale Fortsetzung einer festen Ueberdeckung der Pontonnische. Sie muss also bei dem Einfahren des Pontons in die Nische gesenkt werden können. Dies geschieht durch ein System von Charnieren, mit welchen die senkrechten Stützen der Brückenbahn, sowie die Geländerständer sowohl an dem festen Deck des Pontons als an den Längsträgern der Brückenbahn versehen sind. Indem ferner an dem Pontonholz sowie an der festen Ueberbrückung der Nische gusseiserne Leitcurven und an den beiden Enden der beweglichen Brückenbahn kleine Leitrollen sich befinden, senkt und hebt sich die Brückenbahn sammt den Geländern selbstwirkend, sobald das Ponton in seine Nische oder vor die Docköffnung gezogen wird. Diese selbstwirkende Thätigkeit wird durch die in Fig. 7 erkennbaren Gegengewichte verstärkt.

Zu Kampen in Holland ist zufolge einer von dem Erfinder J. Swets veröffentlichten kleinen Schrift (*Sekuivende Sluisdeur* u. s. w.) eine dem Greenocker Ponton-Verschluss ähnliches Schiebe-Ponton im Jahre 1868 erbaut, freilich vorzugsweise zu Entwässerungszwecken. Aus der nebenstehenden Skizze Fig. 36 geht der fast dreieckförmige Querschnitt des etwa wie ein Schiff auf dem Helling ruhenden und gleitenden eisernen Pontons hervor. Dasselbe ist an dem Vorderende spitz und fasst dort in einen mit Holz verkleideten keilförmigen Mauerfalz; am hinteren Ende, mit dem es während des Verschlusses noch grade genügenden Anschlag in seiner Nische findet, ist es stumpf und trägt in einiger Entfernung von diesem Ende noch eine senkrechte Wand, vom Erfinder Treibschütz genannt. Das Ponton wird durch den Druck des höher stehenden äusseren oder inneren Wassers in seine Nische gedrückt, die Schleuse also geöffnet, sobald man durch geeignete Schützen in dem Mauerwerk das Wasser zwischen das Ponton und das breitere Treibschütz strömen lässt. Umgekehrt wird es aus der Nische getrieben und schliesst die Oeffnung, wenn man das höhere Wasser von der Nische her auf das Treibschütz wirken lässt.

Fig. 36.



Es lässt sich nach diesen Beispielen von gut gelungenen Schiebethoren oder Schiebepontons nicht bezweifeln, dass an geeigneter Stelle ähnliche Anordnungen mit Vortheil anzuwenden sein dürften. Besonders kann die Benutznng eines Pontons zu einer Fahrbrücke grosse Vortheile bieten. Eine besonders zweckmässige Anwendung gestatten die Pontons, wenn es nur darauf ankommt, eine Oeffnung nur zum Theil, namentlich in der oberen Höhe abzuschliessen.

Ein nur den oberen Theil einer schiffbaren Oeffnung versperrendes Ponton befindet sich beispielsweise in dem Geestemünder Hafen vor der nur von den Petroleumschiffen benutzten Abtheilung (s. Fig. 2, Taf. LVII). Es verschliesst die durch zwei vorspringende Mauern gebildete Einfahrt von 14,^m^44 Weite nur in einer Höhe von 0^m^,58 unter der Oberfläche des Wasserspiegels, um bei etwaigem Brande im Petroleumhafen das auf der Oberfläche schwimmende Petroleum von dem übrigen Hafen abzuhalten. Das Ponton ist 1^m^,17 hoch, 1^m^,6 breit und hat an beiden Enden zur besseren Führung in den Falzen 2^m^,34 hohe Steven von 0^m^,3 Dicke. Das Ganze ist aus leichtem Blech construirt. Um das Ponton leicht für aus- und einfahrende Schiffe beseitigen zu können, sind die Falze in den Mauern nur nach der Seite des Petroleumhafens hin fest oder nur halbe Falze, während von der Seite des Haupthafens je ein nur etwa 0^m^,5 breites und 5^m^ hohes Drehthor die andere bewegliche Seite des Falzes darstellt. Diese kleineren Thore drehen sich um 90 Grad und werden im geschlossenen Zustande mit der festen Seite des Falzes verbunden. [11])

[11]) Hierher gehört auch das sog. Sperrschiff des Wiener Donau-Canals, vergl. Cap. IX, S. 507.

§ 17. Zapfen, Pfanne und Verankerung. Aus den im § 7 angestellten Betrachtungen über die in den Thorflügeln wirkenden Kräfte geht hervor, welche Angriffe der obere und untere Zapfen der Drehthore sowie die zugehörigen Pfannen und Halsringe auszuhalten haben. Mit Ausnahme bei den Schwimmthoren, bei denen während hoher Wasserstände das Umgekehrte eintreten kann, sowie bei den von Laufrollen unterstützten Thoren wird der untere Zapfen stets von dem vollen Uebergewicht des Thorflügels über das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers senkrecht belastet, ausserdem je nach der Stellung des Thores seitlich aber stets nach der Wendenische hin gedrückt, wogegen bei dem oberen Zapfen jeder Verticaldruck wegfällt und nur ein dem Druck in dem unteren Zapfen genau entgegengekehrter und gleich grosser Druck auftritt. Diese Drücke H sind nach Fig. 13, Seite 885 gleich $\frac{G\,l}{2\,h}$. Es ist selbstverständlich, dass der auf die untere Pfanne kommende Druck sowie der Zug in dem Halsbande und der Verankerung desselben jenen Drücken stets gleich sein müssen. Bei kleinen Schleusen kann man durch einen Drehbaum mit Gegengewicht das Gewicht des Thorflügels für einen bestimmten Wasserstand ausbalanciren und damit die Horizontaldrücke fast ganz beseitigen.

Wenn nun auch selbst bei grossen Thoren diese Kräfte für normale Zustände noch von verhältnissmässig nur unbedeutenden Metallconstructionen mit Sicherheit aufgenommen werden können, so wendet man mit Rücksicht auf aussergewöhnliche Fälle eine besondere Vorsicht an und construirt jene Theile etwa 10 bis 20 mal stärker als die gewöhnliche Sicherheit verlangt. Es kann nämlich z. B. durch Einklemmen eines kleinen Gegenstandes zwischen Wendesäule und Wendenische und durch die am Hebelarme des Thorflügels angreifende Kraft bei dem Zudrehen, oder bei plötzlichem Zuschlagen der Thore unter äusserem Wasserdrucke sowie bei heftigem Wellenschlage u. s. w. eine ungleich grössere Beanspruchung der Befestigungstheile herbeigeführt werden, als bei dem ruhigen Hängen oder Bewegen der Thorflügel. Die genannten Zufälligkeiten lassen sich zwar durch vorsichtige Bedienung und durch geeignete Gegenmittel wesentlich abschwächen, indess ist es hier gewiss richtiger, auf die schlimmsten Fälle zu rechnen und nicht einer geringfügigen Ersparung zu Liebe die Sicherheit der ganzen Schleuse zu gefährden.

Als Material für Zapfen und Verankerung dient jetzt fast ausschliesslich das Eisen in seinen verschiedenen Arten als Schmiedeeisen, Stahl und Gusseisen, das erstere besonders nur zu den etwa eingesetzten Zapfen, zu den Halsringen und deren Verankerungen, der Stahl zu besonders wichtigen kleinen Stücken als Keile, Durchsteckbolzen und Ausfutterungen im Kopfe des Spurzapfens oder in dem Boden der Pfanne, das Gusseisen endlich zu allen wesentlich nur gedrückten oder allen sehr massiv herzustellenden Theilen, wie Pfannen und Zapfenplatten. Es erscheint unbedenklich diese verschiedenen Eisenarten auch unter Wasser in Berührung mit einander zu bringen, während bekanntlich eine Verbindung zweier anderer Metalle wegen des dabei eintretenden galvanischen Stromes zu der baldigen Oxydation des einen derselben, welches hierbei das positive ist, Veranlassung giebt. Wo also nicht ein solches Metall lediglich zum Schutz eines anderen, wie z. B. Zink zum Schutz von Eisen, angewandt werden kann (siehe § 15, S. 928), sondern beide gleich wichtige Functionen haben, darf eine Berührung unter Wasser nicht stattfinden. Es war früher die Bronze zu Zapfen und Pfannen gebräuchlicher als jetzt, und zwar wohl deshalb, weil die Bearbeitung des Eisens vor einigen Jahrzehnten ungleich viel mangelhafter oder schwieriger war.

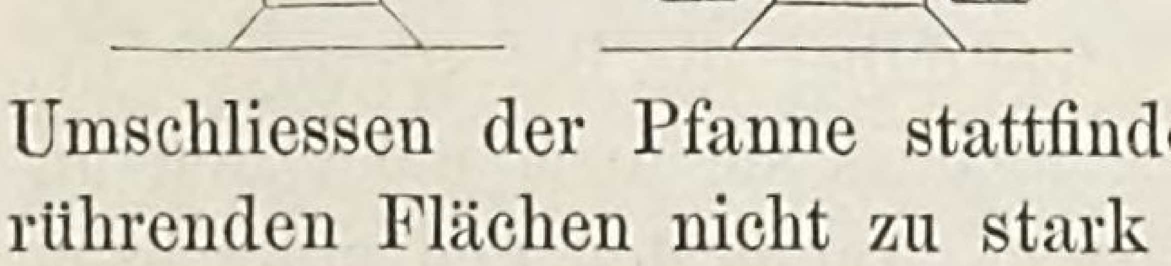
Was die allgemeine Anordnung anlangt, so darf die früher übliche Methode, den unteren Zapfen an der Wendesäule anzubringen und in eine festliegende Pfanne zu stellen, als ganz beseitigt angesehen werden. Der wichtigste Nachtheil dieser Anordnung besteht darin, dass die Pfanne unfehlbar feine Sandkörner aufnimmt, welche bei jeder Drehung des Thores ein Ausschleifen bewirken, so dass nach einiger Zeit ein unsicherer Gang erfolgen muss. Es wird deshalb jetzt stets der untere Zapfen in dem Boden der Thorkammer aufrecht stehend und die Pfanne unten an der Wendesäule angebracht. Mit Ausnahme bei Schwimmthoren trägt die letztere aber stets den oberen Zapfen, der dann von dem Halseisen ganz oder theilweise umfasst wird. Das Umfassen muss mindestens so weit geschehen, dass in jeder Stellung des Thorflügels der Druck des Zapfens aufgenommen wird.

Wenn die Thore die volle Höhe der Seitenwände haben, so muss zuweilen zur sicheren Verankerung des Halseisens dieses sowie der obere Zapfen tiefer angebracht werden als die Oberkante des Thores. Doch wird man diese für das Thor stets ungünstige Construction in vielen Fällen durch mässige Erhöhung hinter der Wendenische vermeiden können. Dabei wird fast stets die Anbringung einer Laufbrücke mit in Betracht zu ziehen sein und in der Regel dazu dienen können, dass die obere Zapfenvorrichtung völlig bedeckt wird.

Bei Schwimmthoren muss wegen ihres zeitweiligen Auftriebs dafür gesorgt werden, dass das Thor nicht in die Höhe gehoben werden und danach gar von seinem unteren Zapfen abfallen kann. Dies ist ausser durch Feststellvorrichtungen (siehe § 15, Geestemünder Schleuse) nur durch eine kräftige Befestigung des Halsringes gegen eine Bewegung nach oben zu verhindern oder dadurch, dass statt des gewöhnlichen Halszapfens ein Spurzapfen angebracht wird, der entweder selbst oder dessen Pfanne genügend befestigt ist. Dass bei Anwendung von Laufrollen die Zapfen wesentlich leichter construirt sein können, ist wohl selbstverständlich.

Die Form des unteren Zapfens und namentlich seines Kopfes wird noch sehr verschieden gewählt. Sie wird begreiflicherweise bedingt durch die Form des Bodens in der Pfanne. Da die Zapfenreibung von der Grösse der Berührungsfläche abhängig ist, so sucht man im Allgemeinen diese möglichst klein zu erhalten, z. B. indem man entweder nach Skizze Fig. 37 *a* den Zapfen nach einer kleineren, die Pfannenfläche nach einer etwas grösseren Kugelfläche formt, die Krümmung jedoch in gleichem Sinne annimmt, oder bei etwa gleichen Krümmungshalbmessern jene beiden Flächen mit ihren convexen Seiten gegeneinander bringt. Theoretisch würde die Berührung in beiden Fällen in einem Punkte geschehen, jedoch nur so lange als bis durch den Druck des Thores sich eine wirkliche Berührungsfläche gebildet hat, die sich sehr bald durch das Drehen zu einer grösseren Fläche abschleifen wird. Damit nicht hierbei durch Zufall eine Fläche gebildet wird, welche zum Zapfenmittelpunkt excentrisch liegt, ist unbedingt nothwendig, dass wenigstens am oberen Ende des Zapfens ein völlig genaues Umschliessen der Pfanne stattfindet. Ausserdem darf die Krümmung der sich berührenden Flächen nicht zu stark genommen werden, damit nicht gar eine grössere Zerstörung derselben durch den Druck erfolgt. Endlich ist ein kleiner Spielraum der Pfanne nach unten hin nothwendig, um das Einsetzen des Thores zu erleichtern.

Fig. 37.



Es erscheint daher am zweckmässigsten, nach Fig. 37 *b* den Zapfen unten cylindrisch oder schwach conisch zu nehmen, den Kopf flach abzurunden, die Pfanne

oben dicht schliessend, aber nach unten sich conisch erweiternd und ihre Spur in entgegengesetzter Krümmung zu der des Zapfens zu formen. Dann wird ein centrischer Gang gesichert und die Einsetzung des Thores in unschädlicher Weise erleichtert, was beides bei der kugelförmigen Krümmung nach demselben Sinn nicht in gleichem Maasse der Fall ist.

Die Zapfenplatte besteht am besten aus starkem Gusseisen mit viereckiger Grundform. Ist ein Abbrechen des Zapfens durch seitlichen Druck oder Stoss nicht zu befürchten, so kann er mit der Platte aus einem Stück gegossen sein. Ist aber hierfür nicht genügende Sicherheit vorhanden ohne etwa die Dimensionen übermässig gross zu erhalten, so empfiehlt sich, in die gusseiserne Platte einen schmiedeeisernen Zapfen einzusetzen und seinen Kopf durch ein Stahlstück gegen Abnutzung zu schützen. Weniger nothwendig erscheint es, wenn Pfanne und Zapfen beide aus Gusseisen bestehen, die erstere noch mit einem Stahleinsatz zu versehen, da sich das Gusseisen fein abschleifen lässt und bei genügender Dimension dauerhaft genug ist.

Für den oberen Zapfen und das Halsband speciell kommt zunächst in Betracht, dass es von grossem Vortheil ist, wenn der Thorflügel nach Wegnahme des Halsbandes senkrecht in der Thornische oder wenigstens in der Wendenische aufgewunden und niedergelassen werden kann. Es wird dadurch das bei Reparaturen sich oft wiederholende Ausnehmen und Einhängen der Thore sehr erleichtert und für den unteren Zapfen ungefährlich gemacht. Schon deswegen wird das Halsband nicht mit dessen Verankerung im Mauerwerk u. s. w. aus einem einzigen oder schwer zu lösenden Stück gebildet. Ausserdem ist aber zuerst bei der Einhängung der Thore (vergl. § 14, S. 925), sodann von Zeit zu Zeit wegen etwaigen Nachgebens der Verankerung, Abnutzung zwischen Zapfen und Halsband u. s. w. ein sorgfältiges Centriren des Halsbandes über dem Mittelpunkt des unteren Zapfens nothwendig, damit die Drehachse des Thorflügels genau senkrecht steht. Dieses Centriren kann mit den meist gröberen und entfernter liegenden Schrauben oder Keilen der Verankerung nicht bequem genug geschehen, weshalb man fast allgemein zwischen dieser und dem Halsbande eine sog. Correctionsvorrichtung einschaltet. Dieselbe besteht am besten aus stählernen, schlanken Doppelkeilen, weniger gut aus Schrauben, und muss dicht hinter der Wendenische, geschützt aber leicht zugänglich liegen, jedoch so, dass nach Lösung der Verbindung das Halsband weggenommen und das Thor senkrecht gehoben werden kann.

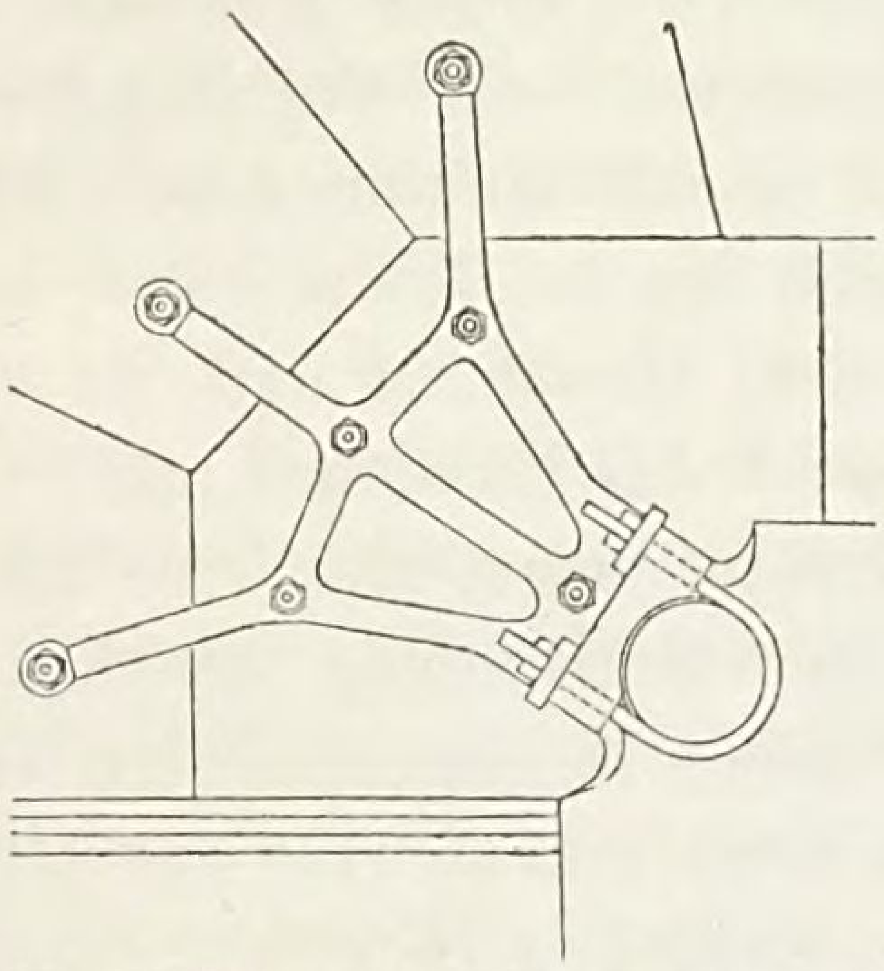
Das Halsband oder Halseisen besitzt dazu gewöhnlich zwei gleiche Schenkel, die in die zwei Schenkel der Verankerung übergehen. Die letztere muss fast in jeder Stellung des Thorflügels dessen Zugrichtung so aufnehmen, dass die einzelnen Schenkel möglichst wenig auf Biegung beansprucht, sondern mehr in ihrer Längenrichtung gezogen werden. Um die Biegung zu verhindern bringt man wohl schon nahe an der Mauerkante in den Ankerschenkeln feste Bolzen an. Doch wird dadurch das Mauerwerk leicht zerklüftet, indem diese vorderen Bolzen unter Umständen den ganzen Zug des Thores zu ertragen haben. Es dürfen daher die Befestigungen der Ankerschenkel erst so weit von der Mauerkante liegen, dass sie auch unter den ungünstigsten Umständen hinreichendes Mauerwerk fassen. Am besten und einfachsten für etwaige Lösung der Anker bei Reparaturen ist es daher, sie womöglich ganz durch das Mauerwerk hindurch gehen zu lassen, und erst dort die Befestigung anzubringen. Um aber dann die Verbiegung der Schenkel, wenn solche zu befürchten

sein sollte, zu verhindern, kann man letztere in unschädlicher Weise hinter der Correctionsvorrichtung mit einander verbinden.

Wenn bei horizontaler Durchführung der Ankerschenkel nicht genügendes Mauerwerk zum Widerstand gegen den Zug des Thores gefasst werden sollte, so führt man die Schenkel schräg hinab, jedoch nicht gleich vorn an der Wendenische, weil dabei das Mauerwerk schädlich nach Aussen gedrückt würde, sondern erst in einer genügenden Entfernung. Es werden dann zur bequemeren Anbringung und solideren Herstellung der Schmiedearbeit Gelenke einzuschalten sein. Diese sowie die Endbolzen oder Splinte der Ankerschenkel sind durch harte Quader zu unterstützen. Dass die Verlegung der Anker besondere Sorgfalt erfordert, scheint selbstverständlich.

Gusseiserne Verankerungen oder auch nur ausgedehnte Theile derselben sollten möglichst vermieden und immer nur mit grösster Vorsicht angebracht werden. Bei der grossen Sprödigkeit des Gusseisens sind ausgedehnte Platten selbst bei mässigen Erschütterungen sehr leicht der Gefahr des Springens ausgesetzt. Obgleich zahlreiche Beispiele von gesprungenen gusseisernen Verankerungen vorliegen, werden diese bei kleinen und selbst bei grossen Schleusen, etwa nach nebenstehender Skizze Fig. 38, noch mit Vorliebe angewandt.

Fig. 38.



Je nach der Construction der Thore, als Holzthore, eiserne Thore mit nur einer Blechhaut, sowie endlich eiserne Schwimmthore, wird auch die Construction der Zapfen und ihres Zubehörs im Einzelnen etwas verschieden sein. Hierzu mögen die auf den Tafeln LIII, LIV und LV dargestellten Beispiele noch, soweit es neben den Figuren nöthig, etwas näher betrachtet werden.

In Fig. 8 bis 10, Taf. LIII ist die Verzapfung der grösseren Papenburger Schleuse (vergl. § 14) angegeben. Hier steht die Wendesäule voll und mit Ausnahme an dem 5^{cm} dicken oberen Rande auch mit einer einzigen Fläche in dem von der gusseisernen Pfanne gebildeten Schuh. Das Unterrahmstück liegt ausser mit seinen in die Wendesäule dringenden Zapfen noch mit etwa 7^{cm} vollem Holz auf derselben Fläche. Der obere Rand des Schuhes umfasst jedoch nicht auch die Seitenflächen des Unterrahmholzes, um nicht bei dem Drehen des Thores in die Gefahr des Zerspringens gebracht zu werden, was z. B. für den Fall eines Klemmens des Thorzapfens in der eigentlichen Pfanne bei grossen Schleusen sehr zu befürchten ist. Wie Fig. 13, die Pfanne einer etwa gleich grossen Schleuse der oberen Seine, zeigt, wird diese Befürchtung nicht allgemein getheilt, indem hierbei der Schuh mit etwa $^1/_3$ seiner Länge auch das Unterrahmstück seitlich umfasst. Es sind indess die letzteren Thore nur etwa $4^m,5$ hoch, die ersteren fast 7^m.

Die gusseiserne Zapfenplatte in Fig. 9 ist $14,5^{cm}$ dick und trägt einen starken schmiedeeisernen, oben verstahlten und abgerundeten Zapfen, dessen Kopf von der umgekehrt convex gerundeten Spur der Pfanne berührt wird. Die eigentliche Pfanne erweitert sich conisch mit einem Spielraum nach unten hin. Für den oberen Zapfen oder den Hals dieser Thore war anfänglich die in Fig. 6 und 7 angedeutete gusseiserne, mit einem angegossenen 20^{cm} starken Zapfen versehene Haube projectirt, welche die volle Wendesäule umfassen und zugleich zu beiden Seiten die Zugstangen

tragen sollte. Bei der Ausführung wurde jedoch an dem oberen Theile der Wendesäule ein Hals nach Fig. 8, Taf. LIII, angeschnitten. Derselbe erhielt zwar eine vollständige Umkleidung von Schmiedeeisen und es wurde, um die Kraft der Zugstange unschädlich zu machen, gleich unter dem Hals ein starker horizontaler Bügel gelegt. Dennoch muss diese Construction, sowie die in Fig. 23, 26 und 27 angegebenen, als nicht tadellos bezeichnet werden. Es bildet sich nämlich erfahrungsmässig fast bei allen nur mit einem Hals versehenen Holzthoren allmählich ein senkrechter Spalt von dem vorderen Theile des Halses abwärts in der Wendesäule aus, weil die Holzfasern derselben dort nicht ganz gleichmässig beansprucht werden. Dieser Spalt ist für die Dauer des Thores sehr schädlich, zumal wenn er nicht, wie bei Fig. 8 allerdings geschehen, von oben bedeckt wird. Eine den ganzen Kopf der Wendesäule umschliessende und einen sicheren Zapfen tragende Haube ist daher unbedingt zu empfehlen.

Fig. 11 gibt ein Beispiel einer Verankerung bei hölzernen Seitenwänden, wenn zugleich, wie hier wegen der Laufbrücke gefordert war, der Hals niedriger liegt als die Oberkante des Thores. Fig. 12 zeigt eine etwas complicirte Construction eines schmiedeeisernen Zapfens, der an einer grossen ebenfalls geschmiedeten Platte sitzt. Ein langer Arm derselben geht fast $1^{m},5$ weit vom Zapfen bis zu einem Querbügel, an welchem eine gekrümmte Zahnstange zum Drehen des Thores (in der Fig. 12 nicht weiter gezeichnet) angreift. Unter der Platte liegt der Hauptbügel zur Verbindung von Wendesäule und Oberrahmstück; derselbe trägt an einem Querbolzen den Kopf des Zugbandes. Dass die Ankerschenkel des Halsbandes über die Wendenische treten, scheint nach dem Obengesagten nicht zweckmässig.

Die Anbringung der Zapfen und Pfanne bei eisernen Thoren ist fast stets leichter und befriedigender zu beschaffen als bei hölzernen Thoren, weil auf der verhältnissmässig kleinen Stelle bei jenen weit eher die nöthige locale Festigkeit zu gewinnen ist. Während bei den Holzthoren meistens eine gewisse Schwächung der Wendesäule mit der Anbringung der Zapfentheile verbunden ist, dienen diese bei den eisernen sogar oft zu einer gewissen Verstärkung. So sind z. B. nach Fig. 6 und 7, Taf. LIV die den oberen Zapfen und die untere Pfanne enthaltenden winkelförmigen Eisen wesentliche Verbindungstheile für die Wendesäule und die Rahmstücke, die fast in derselben Weise auch abgesehen von ihrer Bedeutung für die Zapfen hätten angebracht werden müssen. Dass sie im vorliegenden Falle endlich noch den Rücken der Wendesäule darstellen, und bezw. aus Schmiedeeisen und Gusseisen bestehen, ist im § 15 bei Besprechung dieser Thorform angegeben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit der in Fig. 16, 24 und 25 dargestellten Verzapfung der ebenfalls im § 15 näher beschriebenen Weserschleuse zu Hameln.

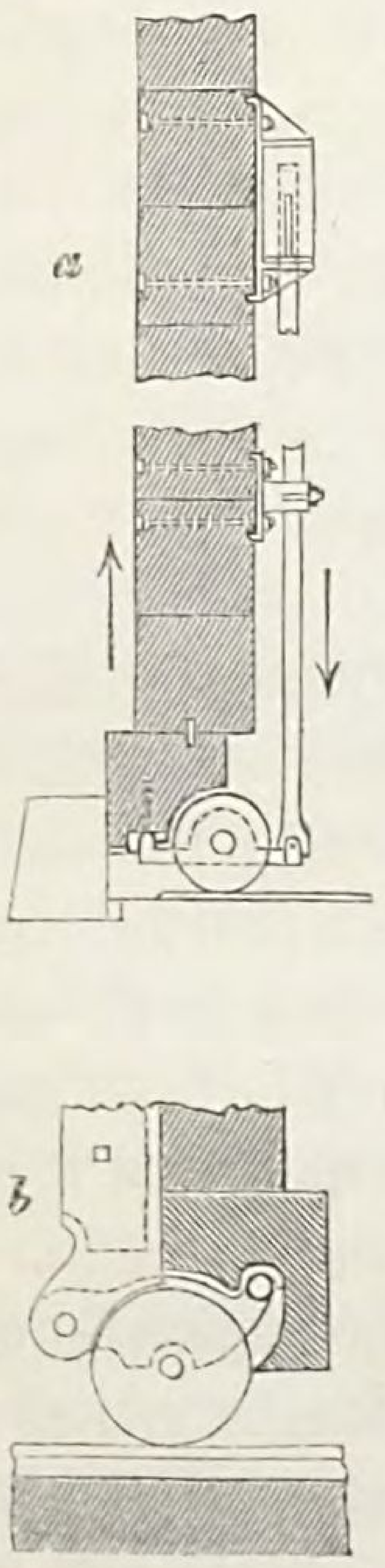
Wie oben erwähnt tritt bei den Schwimmthoren die Nothwendigkeit auf, die oberen Zapfen gegen den Auftrieb der Thore niederzuhalten. Dies ist bei den Geestemünder Thoren nach Fig. 20, Taf. LV dadurch geschehen, dass der obere Zapfen fest in dem nicht allein nach hinten, sondern auch nach unten stark verankerten Zapfenträger steckt und mit dem Kopf die Spur einer Pfanne berührt, welche der unteren Pfanne völlig gleich ist. Dass von den anfänglich gusseisernen Zapfenträgern einer gesprungen ist, sowie dass am losen Ende des Thores Feststellvorrichtungen sich befinden, ist im § 15 angegeben.

Die in den Figuren 1, 4 bis 7 derselben Tafel dargestellten Verzapfungen der Braker Schleuse dienen als Beispiel für die Anbringung eines Halsbandes unter der

Oberkante des Thores. Die Verkeilung der gusseisernen Ankerplatte mit den schmiedeeisernen Ankerarmen erscheint nicht ganz unbedenklich.

Die Vorrichtungen zur Unterstützung der Thore während ihrer Stellung in den Nischen sind in dem letzten Beispiele durch Fig. 8 bis 10 dargestellt und im § 15 genügend besprochen. Dagegen ist noch über die Unterstützung der Thore während ihrer Drehung einiges hier zu erwähnen. Wie in § 6 bereits angeführt, wendet man in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden selten die Laufrollen hierzu an, während diese in England noch sehr gebräuchlich sind. Der Nutzen für die senkrechte Unterstützung ist allerdings unzweifelhaft, dagegen ebenso, dass je mehr Gewicht die Laufrolle vom Thore aufzunehmen hat, desto ungünstiger dieselbe durch die Verbiegung des Thores während der Drehung wirkt. Denn es liegt dann der Widerstand gegen die Bewegung, abgesehen von dem ebenfalls schon tief liegenden Widerstand des Wassers hierbei, ganz unten. Die Angriffskraft pflegt aber (siehe folgenden Paragraphen) meist sehr hoch zu liegen und es entsteht daher ein auf die Verbiegung des Thores in verticalem Sinne arbeitendes Kräftepaar. Je mehr nun der Schleusenboden einem Verschlammen oder Versanden ausgesetzt ist, desto grösser wird der Widerstand der Rollen. Es sollten daher Laufrollen nur dann angewandt werden, wenn sie ganz unvermeidlich sind. Um die Uebelstände möglichst abzuschwächen, ist stets eine entsprechende Laufschiene in dem Thorkammerboden und mindestens etwa 5^{cm} über dessen Fläche vortretend anzubringen. Es wird die Reibung dadurch sowohl als auch die Zusandung der von der Rolle zu durchlaufenden Bahn vermindert. — Die Rolle selbst erhält am besten eine kugelförmige Abrundung und einen möglichst grossen Durchmesser bei thunlichst dünner Achse, welche letztere daher von Stahl zu nehmen ist. Da die Rolle mindestens etwa 30^{cm} Durchmesser halten muss, so kann sie nicht unter dem Unterrahmstück, sondern entweder zum Theil hinter oder vor demselben liegen. Die letztere (also dem Oberwasser zugekehrte) Lage ist die bequemste und gewöhnlichere. Dabei ist selbstverständlich die Rolle in der Nähe der Schlagsäule am wirksamsten und wird, wenn nicht an dieser selbst, so doch in ihrer Nähe an dem Unterrahmstück, besser aber an mehreren Riegeln gleichmässig befestigt. Eine solche Befestigung zeigt die Skizze Fig. 28, S. 927 von den Schleusenthoren des Caledonischen Canals. Es ist danach der unten die Rolle tragende Stiel oben und unten mit dem Thorflügel verbunden, jedoch so, dass er durch Keile niedergetrieben werden kann. Statt dieser das Thor direct hebenden Keilvorrichtung hat man an einigen englischen Schleusen auch wohl eine nach nebenstehender Skizze Fig. 39 *a* indirect hebende Keilvorrichtung ausgeführt oder endlich gar den Kopf des Stieles mit einem Hebel in Verbindung gebracht, welche den Stiel mit grosser Kraft niederdrückt und dadurch mittelst der in Fig. 39 *b* skizzirten Verbindung der Rolle mit dem Stiel und dem Thore das letztere hebt.

Fig. 39.



§ 18. **Bewegungsvorrichtungen.** Zum Oeffnen und Schliessen der Thore bedarf es je nach der Grösse derselben oder nach dem localen Bedürfnisse und der Art der Schleuse mehr oder weniger vollkommener Einrichtungen. Während es bei manchen Schleusen, z. B. Sperrschleusen, Schutzschleusen, Dockschleusen u. s. w., in der Regel nicht auf einige Minuten Zeit zur Bewegung ankommt, wenn die letztere über-

haupt nur rechtzeitig begonnen wird, hängt die Leistungsfähigkeit anderer Schleusen, insbesondere auf frequenten Canälen, gradezu von der nothwendigen kleinsten Zeit zum Oeffnen und Schliessen ab. Bei solchen Schleusen stehen daher die Bewegungsvorrichtungen unter den sämmtlichen Constructionen in erster Reihe, und muss auch ein kleiner Zeitgewinn für die einmalige Bewegung schon hochgeschätzt werden, weil er sich an einem Tage 40 bis 50 mal wiederholen kann.[12])

Den Anforderungen des Verkehrs gegenüber steht jedoch die aus der Trägheit des Wassers entspringende Rücksicht, dass, abgesehen von dem für jede einzelne Schleuse constanten Reibungswiderstande in den Zapfen, der Widerstand gegen die Bewegung mit der Schnelligkeit derselben annähernd im quadratischen Verhältnisse wächst. Bei einer unendlich langsamen Bewegung ist er kaum merkbar, während er bei grösserer Schnelligkeit durch den Aufstau des Wassers in jenem Maasse zunimmt und durch die Schwierigkeit, mit der das gestaute Wasser um die eingetauchten Kanten des Thorflügels abfliessen kann, noch erheblich vermehrt wird. Es zeigt sich letzteres namentlich bei fast vollendetem Wege in der Nähe der Thornische.

Es muss deshalb von einer grossen Geschwindigkeit abgesehen werden, um einen nur mit unverhältnissmässiger Kraftanstrengung und grossen Kosten zu überwindenden Widerstand zu vermeiden. Wenn nun ausserdem bei den meisten kleineren Schleusen die Kraft dadurch eine eng begrenzte ist, dass nur 1 oder höchstens 2 Arbeiter zu Gebote stehen, so wird praktisch ohnehin die Geschwindigkeit eine mässige bleiben. Es kommt indess dann noch immer auf zweckmässige Einrichtungen an, in denen möglichst wenig Arbeit durch schädliche Widerstände consumirt wird.

Zur Hervorbringung der Bewegung dienen nun vorzugsweise die Menschenkraft, seltener hydraulische Maschinen und erst in vereinzelten Fällen die in § 20 beschriebenen Einrichtungen, wobei die lebendige Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers die Drehung der Thore besorgt. Es möge zunächst im Nachstehenden nur die menschliche Kraft angenommen werden.

Für die dauernde Leistung des Menschen kommt besonders in Betracht, dass derselbe rasch und bequem eine möglichst grosse Kraft entwickeln könne. Hierzu gehört ein sicherer Stand und eine Mitbenutzung des eigenen Gewichts. Es wird also eine einfache Zugstange, unter Voraussetzung dieser Bedingung wirksamer sein können als eine nur durch Handkurbeln zu bewegende Winde mit grosser Uebersetzung, weil bei letzterer viel Reibungsverlust in den Zahnrädern stattfindet und der Mensch vorzugsweise nur mit der Muskelkraft arbeiten kann. Wenn jedoch das Thor so gross ist, dass ohne mehrfache Uebersetzung der menschlichen Kraft die Reibung der Ruhe kaum überwunden werden kann, so muss schon eine Windevorrichtung angewandt werden. Wenn ferner zu einer solchen Winde, z. B. einem Gangspill, wobei der Mensch mit seinem Gewichte arbeiten kann, nicht der nöthige Platz vorhanden ist, so muss endlich eine nur mit Kurbeln bewegte Winde gewählt werden.

Da die Kraft am wirksamsten ist, wenn sie rechtwinklig zur Fläche des Thores angreift, diese aber in ihrer Lage sich innerhalb des Drehungswinkels ändert, so

[12]) So ist z. B. die Schleuse in dem Canale zu Herbières in Belgien im Laufe des Jahres 1864 von 15 507 Schiffen zu 180 bis 250 Tonnen durchfahren worden, in einer einzigen Woche mit Ausnahme des Sonntags von 420, und an einem Tage sogar von 90 Schiffen. Siehe Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1866. S. 312.

ergiebt sich für die Winde eine solche Stellung, dass die von ihr auf das Thor auszuübende Kraft rechtwinklig zu der Fläche des halbgeöffneten Thorflügels steht. Um denselben möglichst wenig zu verbiegen müsste die Kraft im Mittelpunkt des Widerstandes angreifen. Dieser würde, abgesehen von der Zapfenreibung sowie von der nicht völlig gleichmässigen Stauhöhe vor dem bewegten Thorflügel, auf $^2/_3$ der Länge desselben von der Drehachse und auf der halben jeweiligen Wassertiefe liegen. Bei allen kleineren Schleusen, z. B. sämmtlichen Canalschleusen ist nun die Gefahr des Verbiegens der Thore nur sehr gering und es würde dagegen das Angreifen der Winde an jenem Punkte ganz unverhältnissmässige Schwierigkeiten machen. Es erfolgt daher fast stets bei allen kleineren und mittleren Schleusen bis zu etwa 12^m Weite die Bewegung von der Höhe der Seitenwände aus und oft mit dem Angriffspunkte an der Schlagsäule, während nur bei den grösseren, vorzugsweise bei gekrümmten Blechthoren der Angriffspunkt in der Nähe jenes Mittelpunktes liegt, jedoch so dass dabei keine nachtheilige locale Beanspruchung des Thores entsteht. Wo der Angriffspunkt liegt, muss unbedingt eine Versteifung der Thorfläche angebracht werden.

Für die Zahl der Windeapparate ist entscheidend ob dieselben sowohl das Thor schliessen als auch öffnen oder nur eins von beiden verrichten können. Wenn letzteres der Fall ist, z. B. wenn nur Ketten zwischen Winde und Thor vorhanden sind, so müssen auch für jeden Thorflügel zwei Winden angebracht werden, dagegen kann bei Anwendung einer festen Schiebstange von ein und derselben Winde der betreffende Thorflügel auf- und zugedreht werden. Diese Einrichtung findet aber bei grossen Weiten ihre Schwierigkeiten sowohl in der Grösse eines noch bequem zu dirigirenden Schiebebaums als auch namentlich darin, dass derselbe unter Wasser angreifen und in der Seitenwand liegen müsste. Es haben daher kleinere Schleusen stets eine feste Stange für die Schliessung der Thore, wobei die Oeffnung entweder durch dieselbe Stange oder mit Hülfe von Seil oder Kette geschieht und die betreffende Winde in der Nähe der Schlagsäule des geöffneten Thorflügels neben dessen Thornische steht. Dagegen steht für einen nur mit Ketten bewegten Thorflügel die Winde zum Oeffnen zwar ebenso wie im vorgenannten Falle, die zum Schliessen aber auf der anderen Seite der Schleuse, so dass die Richtungen der beiderseitigen Ketten in eine gerade Linie fallen, wenn das Thor halb geöffnet ist.

Es ergiebt sich für mit Ketten bewegte Thore die Nothwendigkeit, dass die zum Schliessen dienenden Ketten bei geöffneter Schleuse sich kreuzen. Sie müssen daher soweit nachgelassen werden, dass sie sich flach auf dem Boden der Schleuse niederlegen. Die doppelte Dicke der Kette geht demnach von dem zwischen Schiff und Schleusenboden bleibenden Spielraum verloren, wenn nicht etwa für die Stelle, wo die Kreuzung ungefähr stattfindet, eine besondere Vertiefung angebracht wird. Hiervon liegt jedoch soweit bekannt kein Beispiel vor, zumal da die Kreuzung meistens in der Nähe der Drempelspitze stattfindet.

Es mögen nun die einzelnen Arten der Bewegungsvorrichtungen in constructiver Hinsicht etwas näher beschrieben werden.

Die einfachste, bei kleinen Schleusen bis 6^m Weite unter Voraussetzung eines Arbeiters oder Wärters ausreichende Einrichtung ist die Bewegung mit einer Schiebe- und Zugstange aus freier Hand. Es genügt dazu ein gewöhnlicher Bootshaken, etwa mit einem Quergriff am losen Ende, und die Anbringung eines eisernen Bolzens mit einem Knopfe auf dem Kopfe der Schlagsäule. Der Arbeiter kann dabei mit voller Kraft ziehen oder schieben und verliert von seiner Arbeit nichts, zumal wenn er durch einzelne Erhöhungen in der Oberfläche der Schleusenmauer gegen Ausgleiten geschützt ist. Die Bewegung jedes Flügels erfolgt in etwa 1 Minute. Um etwas Zeit zu sparen, kann

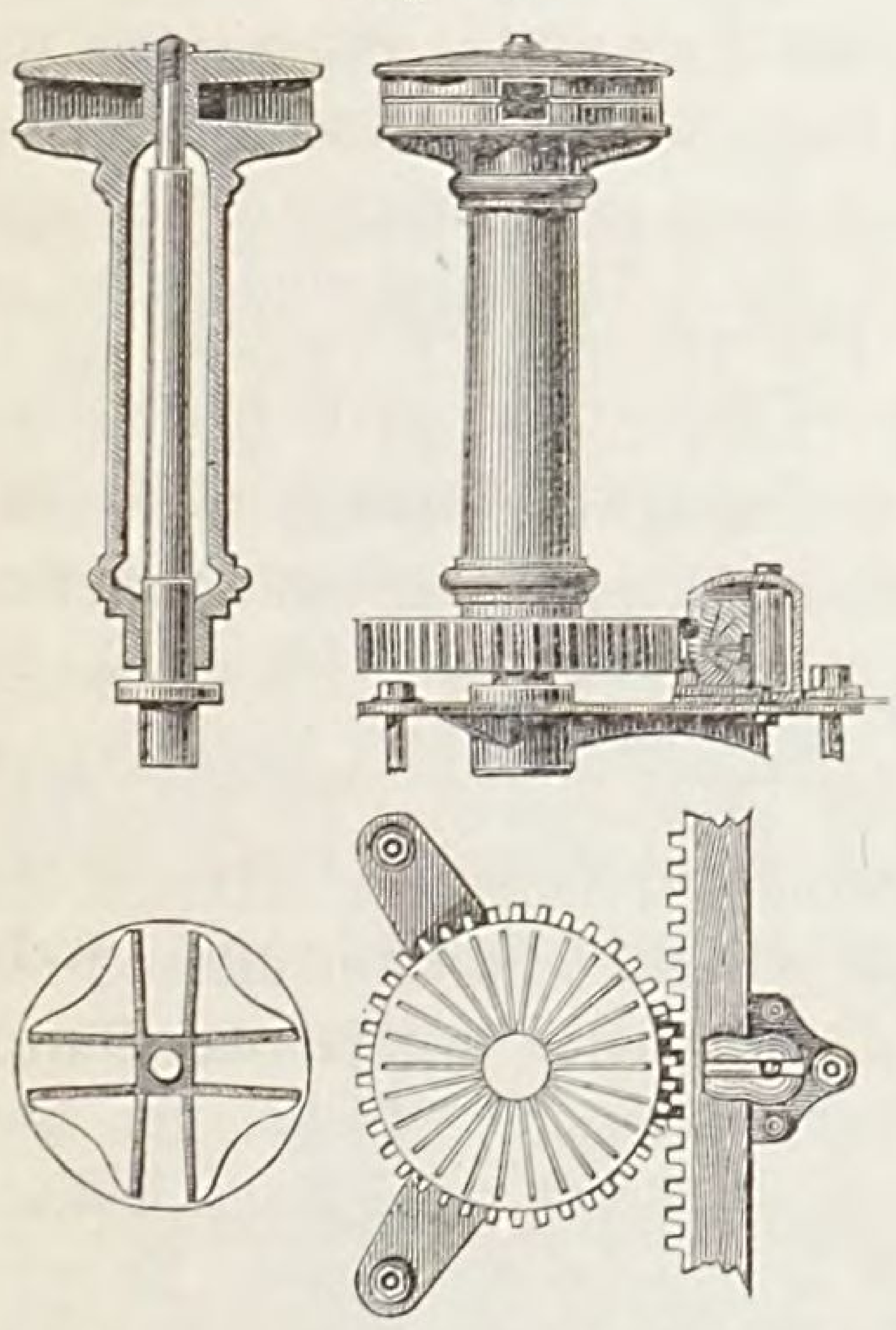
an jedem Flügel eine solche Stange dauernd mit einem Auge um jenen Bolzen angebracht sein, wobei also die Stangen des geschlossenen Thores mit ihren Enden auf den Seitenwänden lose aufliegen.

Vollkommener ist ein in Fig. 16, Taf. LIII und Fig. 13, Taf. LIV dargestellter Drehbaum, besonders dann, wenn er an seinem freien Ende so belastet ist, dass dadurch das Gewicht des Thorflügels nach seiner durchschnittlichen Eintauchung ausbalancirt ist. Alsdann findet am oberen und unteren Zapfen eine geringere seitliche Reibung statt, indem fast nur die durch den Widerstand des Wassers gegen Drehung des Thores erzeugte und durch den Drehbaum überwundene Horizontalkraft am Umfange des Zapfens Reibung verursacht, während die durch den Druck des freihängenden Thores sonst entstehende Umfangs-Reibung wegfällt. Die Reibung des unteren Zapfens gegen die Spur der Pfanne wird freilich durch das Gewicht des Drehbaums vermehrt. Uebrigens ist ein Drehbaum von wirksamer Länge nur bei Canalschleusen von etwa 6 bis 7^m Weite anzuwenden.

Sobald die Schleusen eine grössere Weite als die jener kleineren Canalschleusen besitzen, genügen obige Vorrichtungen nicht mehr und es muss eine Uebersetzung der menschlichen Kraft durch eine Winde eintreten. Die einfachste Art ist die in Fig. 28 und 29, Taf. LIII, sowie Fig. 1 und 2, Taf. XLIX dargestellte Anordnung. Bei allen dreien ist ein Schiebebaum an einem Ende mit dem Kopf der Schlagsäule und am anderen Ende mit einem Tau oder einer Kette verbunden, welche letzteren um die Trommeln von stehenden oder liegenden Winden geschlungen sind. Damit kein Rutschen auf der Trommel erfolgt, sind einige Windungen erforderlich, die bei jeder Bewegung des Thores der Zahl nach constant bleiben. Für grössere Schleusen, wie z. B. bei der Papenburger, sind Ketten den Tauen vorzuziehen, alsdann muss jedoch die Kettentrommel mit Rillen oder Rippen versehen werden, weil sonst das Aufwickeln nicht regelmässig erfolgt. Der Grad der Straffheit der Kette oder des Taues ist auszuprobiren und durch eine Schraube oder dergl. am losen Ende des Baumes zu reguliren. Bei kleineren Schleusen kann der Baum an einer liegenden Trommel frei hängen, bei grösseren jedoch sowie bei stehender Winde bedarf er der Unterstützung durch eine oder zwei auf dem Schleusenplanum liegenden Rollen. Der eigenthümliche Weg, den das lose Ende des Baumes macht, ist dabei ebenfalls am besten auszuprobiren (s. Fig. 2, Taf. XLIX). Für grössere Schleusen muss die Winde durch zwei Arbeiter bewegt werden, wenn nicht die Drehung des Thores sehr langsam erfolgen soll.

Für stehende Winden mit langen Dreharmen (Gangspill) wird oft eine hölzerne kreisförmige Bahn mit radialen vortretenden Leisten zum festeren Auftreten und Stemmen der drehenden Arbeiter angebracht. Die Handspeichen solcher Winden sind des Verkehrs auf der Schleuse wegen oft nur lose in dem Kopf der Winde; alsdann ist nach nebenstehender sehr schönen Einrichtung an der alten Harburger Schleuse (Fig. 40) die Winde aber von Gusseisen herzustellen.

Fig. 40.



Es ist hierbei wie bei der in Fig. 25, Taf. LIII dargestellten Winde der Berliner Stadtschleuse nur ein gezahnter Schiebebaum vorhanden, in dessen Zähne ein Triebrad greift. Zum festen Eingreifen sind dabei Druckrollen unentbehrlich, die jedoch der Zahnstange die nöthige Veränderung ihrer Richtung gestatten müssen und deshalb in der Regel selbst beweglich gelagert sind. Die Zahnstange auf einem hölzernen Baum zu befestigen ist wegen des Werfens nicht so zweckmässig als die für grössere Schleusen freilich kaum durchführbare Construction nach Fig. 25. Es erscheint bei letzterer noch als eine durch den Strassenverkehr neben der Schleuse bedingte Eigenthümlichkeit, dass die Stange unter der Strassenoberfläche läuft.

Bei französischen Canalschleusen besonders häufig ist die Anwendung eines gezahnten Quadranten, welcher fest an der Aussenseite des Thorflügels sitzt und durch ein auf (oder in) der Schleusenmauer fest liegendes Zahnrad bewegt wird.

Die nachstehenden Skizzen, Fig. 41 u. 42 (S. 950) zeigen die zur Schleuse bei Evry (Fig. 1, Taf. LII) gehörende Anordnung im Grundriss (Fig. 42) und im senkrechten Durchschnitte nach *AB* (Fig. 41). Aus letzterem ist besonders das kräftige Vorgelege, sowie die Unterstützung und Führung des übrigens nicht durch Speichen versteiften Quadranten zu ersehen. Bei verschiedenen anderen französischen Canalschleusen kommen dagegen auch solche durch Speichen verstärkte Zahnquadranten vor, bei denen

alsdann die Unterstützung und Führung wegfällt, die Lagerung des Getriebes jedoch etwas unbequemer wird. Der Quadrant besitzt in der Regel einen Halbmesser gleich einem Viertel der Flügellänge, weil bei einem grösseren die Construction aller Theile zu schwierig werden würde. Um so nothwendiger wird eine starke Uebersetzung in der Winde.

Fig. 41.

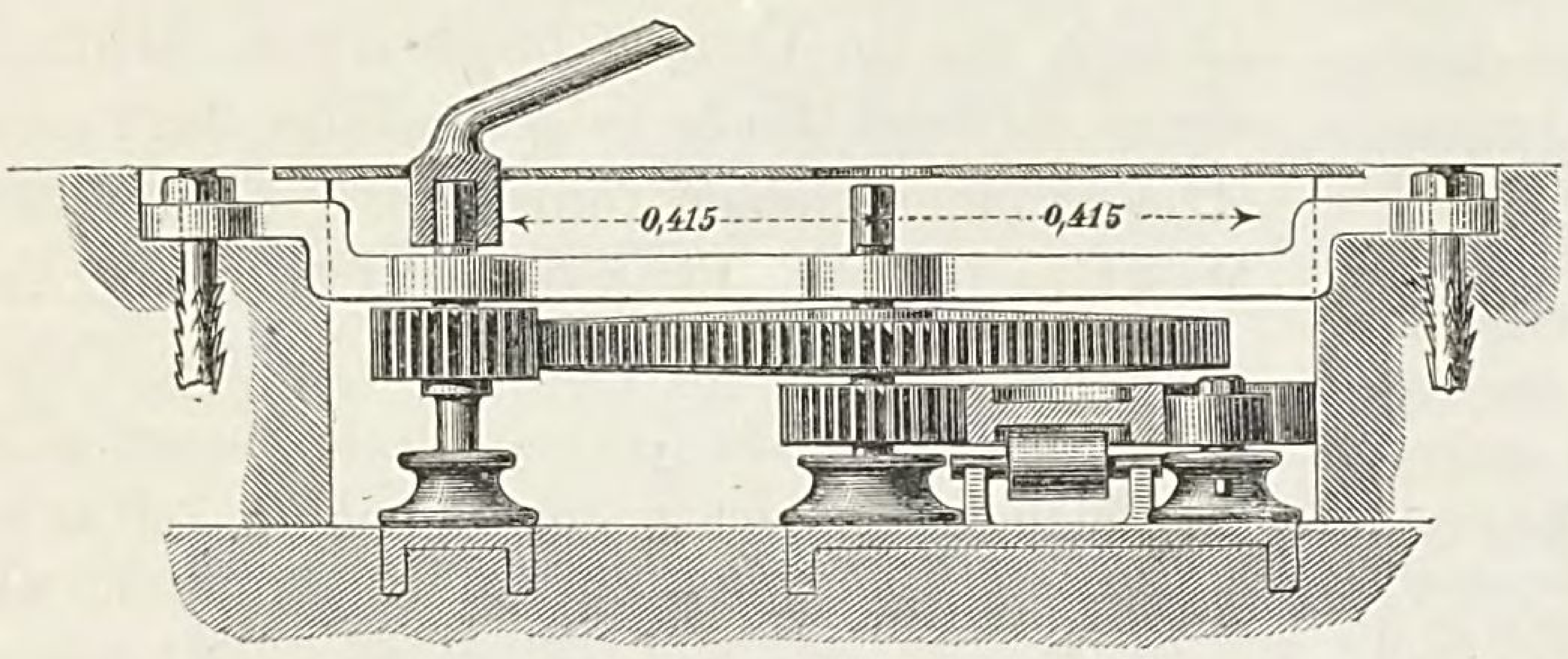


Fig. 43.

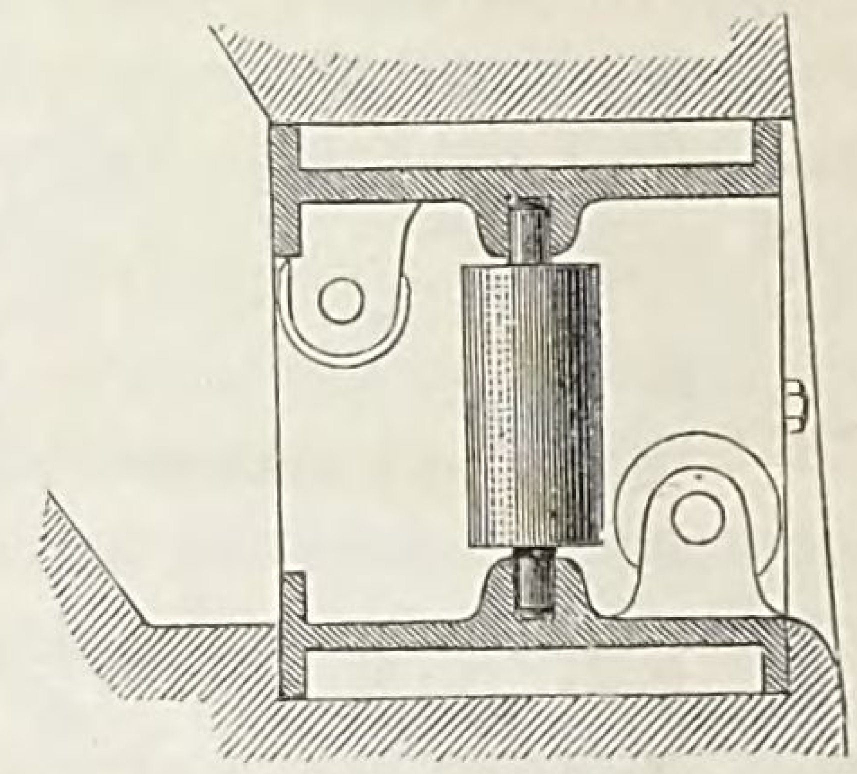
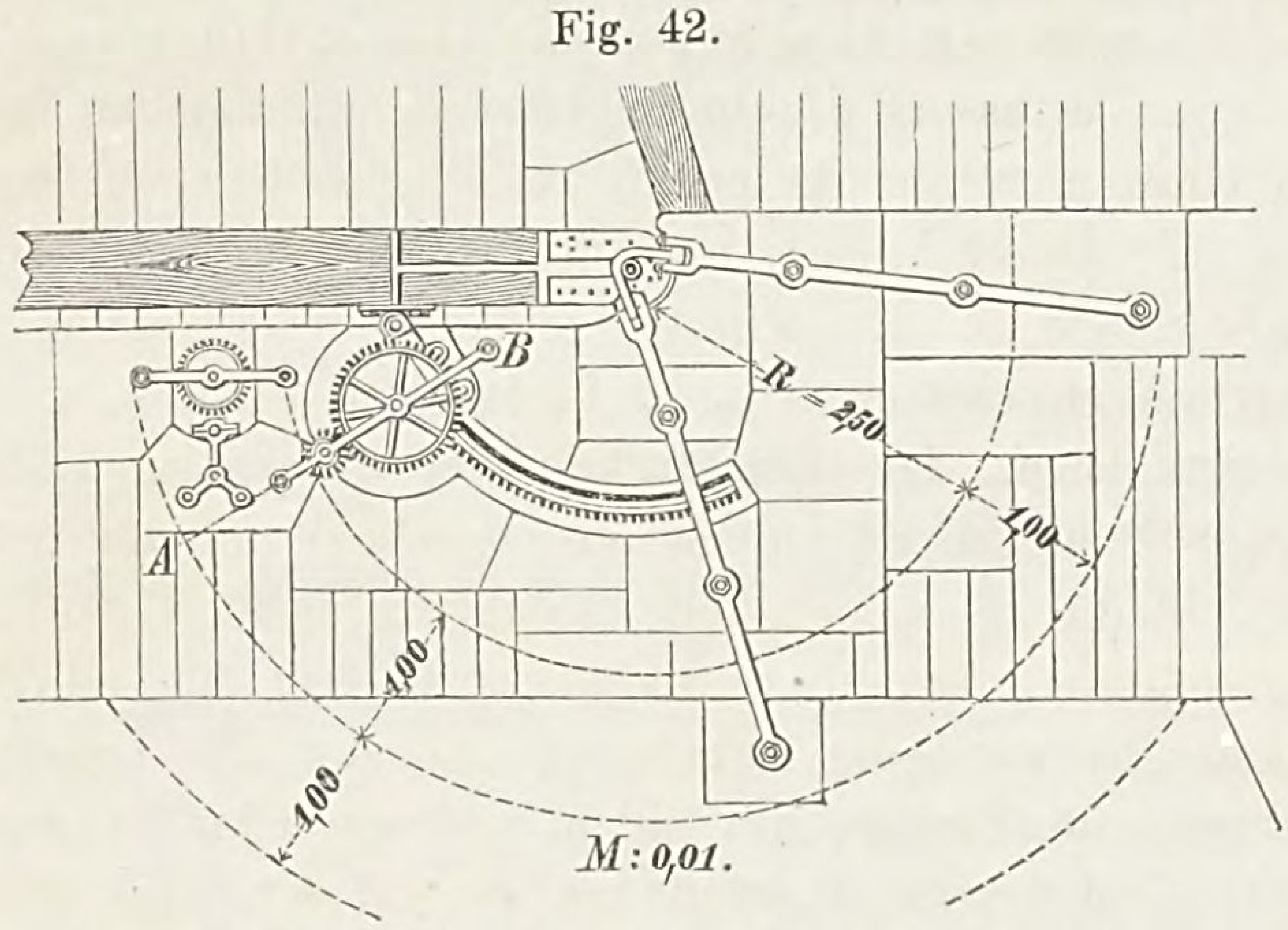


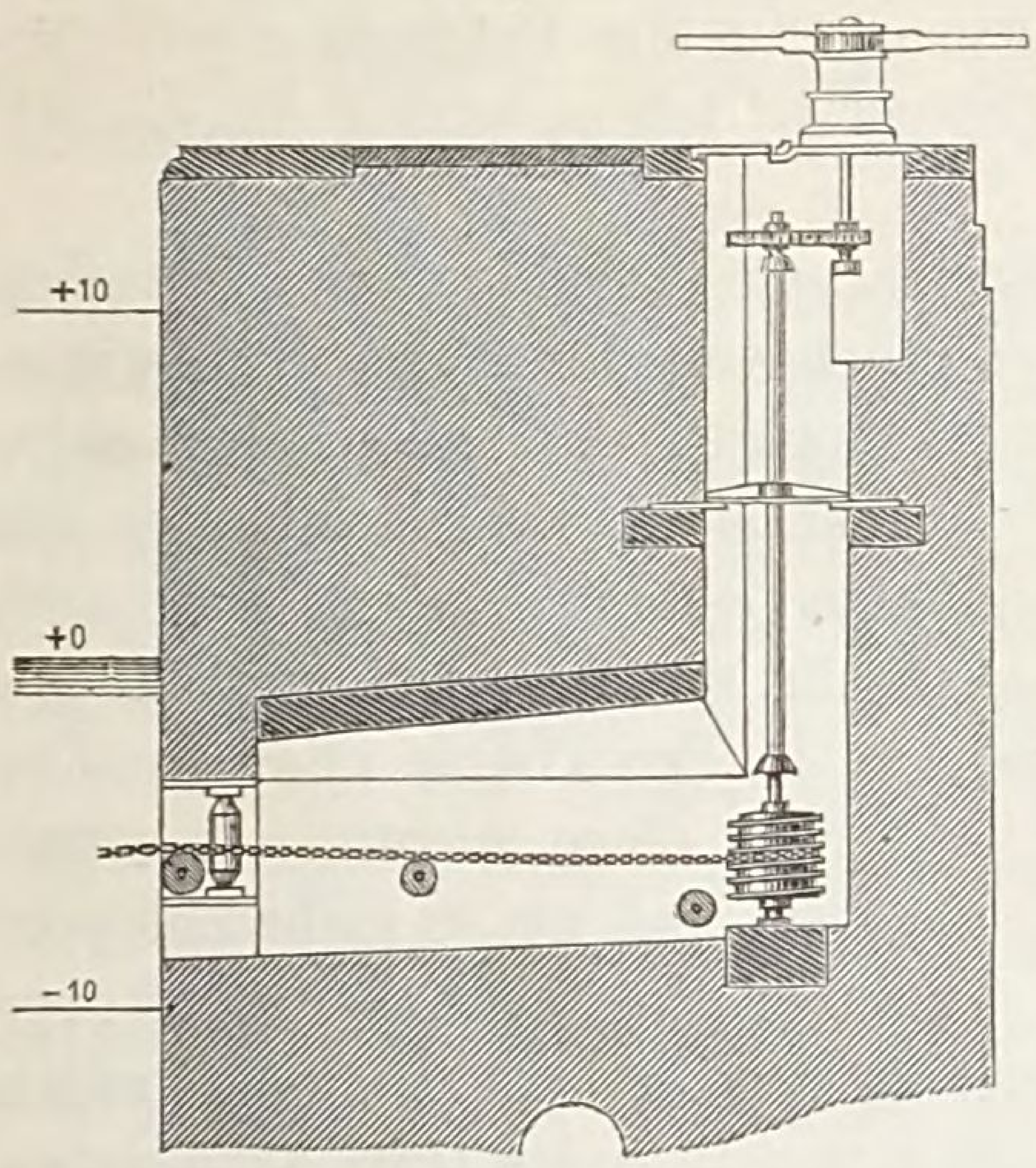
Fig. 42.



Bei fast allen grossen Seeschleusen ist endlich die Bewegung durch zwei an jedem Thorflügel angreifende Ketten gebräuchlich. Hiervon geben die zur Geestemünder Schleuse gehörenden Fig. 14, Taf. LI und Fig. 14 u. 19, Taf. LV ein Beispiel, wenngleich nicht mit allen Details. Der Angriff der Ketten geschieht ungefähr in der Höhe des Niedrigwassers; die Ketten werden durch Rollenkasten, welche nach vorstehender Skizze Fig. 43 eingerichtet und im Mauerwerke befestigt sind, hindurchgeführt und gelangen durch einen schräg aufsteigenden Schacht (s. Fig. 14, Taf. LI) zu der Windetrommel. Die Fig. 19, Taf. LV zeigt nun eine der zwei Doppelwinden, welche in Fig. 16, Taf. LI in der Mitte zwischen dem Fluththore und dem äusseren Ebbethore stehen und nur zum Schliessen dieser beiden Thore dienen. Zum Oeffnen und Schliessen der 6 Thorflügel sind daher im Ganzen 2 Doppelwinden und 8 einfache Winden erforderlich, s. Fig. 11, Taf. LI. Durch die in Fig. 19, Taf. LV gezeichneten Händel, welche mit ihrem unteren Theile bei *e* und *h* fest an der Winde sitzen und durch aufgesteckte Verlängerungen nur durch die Wärter bewegt werden, kann nach Belieben jede der Trommeln *f* und *g* einer Doppelwinde mit der Achse gekuppelt werden. Das Vorgelege besitzt nach der Lage der verschiebbaren Kurbelachse eine Uebersetzung von 1 : 50 und 1 : 25, je nachdem die Thore vor der vollständigen Ausgleichung des Wassers, bei starkem Wind u. s. w. oder unter geringem Widerstande gedreht werden. Es kommen dann bezw. entweder die Zahnräder *c* oder *b* zum Eingriff mit den betreffenden auf der Kurbelachse sitzenden Triebrädern, während das grosse Zahnrad *d* von dem festsitzenden Triebrad der Mittelachse stets gedreht wird. Auf dieser Achse sitzt auch ein Bremsrad *a*, um die Bewegung der Trommeln bei dem Ablaufen der für das Durchschleusen niederzulassenden Ketten mässigen zu können. Die Ketten haben 25^{mm} Dicke, um auch auf die Dauer die nöthige Stärke zu besitzen. Die Winden werden in der Regel von 4 Mann bedient, welche bei dem völligen Hineinziehen in die Thornischen mit voller Kraft arbeiten müssen. Es muss hierfür ausser der bereits mehrfach erwähnten Schwierigkeit, die das Wasser in der Nische zum Entweichen findet, auch besonders die Ablagerung des Schlicks in den Ecken der Thorkammer als Ursache angesehen werden. Letzterer durch die Bewegung der Thore noch verstärkter Umstand ist nur durch kräftige Spülvorrichtungen erfolgreich zu bekämpfen. Siehe § 19.

Bei manchen anderen Schleusen, wie z. B. in nachstehender Skizze Fig. 44, S. 951 bei der Braker Schleuse, ist die Winde als stehende Winde oder sog. Cabestan angebracht. Ausser der Nothwendigkeit, die Arbeiter im Kreise gehen zu lassen, ergiebt sich dabei die weniger günstige Lage für die Windetrommel, welche dann unter Wasser kommt und bei starkem Froste festfrieren kann.

Fig. 44.



Um die grossen Schleusenthore rasch und ohne Anwendung vieler Arbeiter zu bewegen hat man in England fast durchweg hydraulische Winden angebracht. Die Einrichtung der Ketten und Windetrommeln ist dabei ganz ähnlich wie im Vorigen beschrieben, während die eigentliche Winde oder das Vorgelege meistens in einer kleinen rotirenden hydraulischen Maschine besteht. Es geschieht freilich die Anwendung hydraulischer Kraft meist nur dann, wenn ausserdem für Krahne, Drehbrücken oder dergleichen Einrichtungen ebenfalls Druckwasser gebraucht wird, weil jene für den Betrieb der Schleuse allein zu theuer gehalten wird. Dabei scheinen nach Beobachtungen des Verfassers die in England gebräuchlichen hydraulischen rotirenden Winden im Ganzen wenig dauerhaft zu sein, indem mit der Kleinheit der Cylinder (oft nur ca. 7^{cm} Durchmesser) und der Geschwindigkeit der Kolben und Schieber (200 bis 300 Spiele in der Minute) reichlich weit gegangen wird. Die kleinsten Unreinigkeiten im Druckwasser z. B. Fäden von Zeug u. s. w. verursachen eine Störung in den Schiebern. Die Leichtigkeit der Bedienung einer mit hydraulischen Winden versehenen Schleuse ist jedoch ausgezeichnet und da fast unbedingt maschinelle Kraft billiger bleibt als menschliche, so dürfte es sich gewiss mehr als bis jetzt geschehen ist empfehlen, für die Bewegung grösserer und stark frequentirter Schleusen eine besondere hydraulische Anlage zu machen. Die Combination einer kleinen Gaskraftmaschine zum Pumpen mit einem auf dem Flaschenzugsystem basirenden hydraulischen Apparat erscheint wohl um einfachsten und solidesten hierzu.

§ 19. Füllen und Leeren der Kammern. Spülvorrichtungen. Alle Kammerschleusen bedürfen gewisser verschliessbarer Oeffnungen zwischen Oberwasser und Kammer einerseits sowie anderseits zwischen Kammer und Unterwasser, um nach Bedürfniss den Wasserstand in der Kammer mit dem Ober- bezw. Unterwasser ins Niveau zu bringen. Es giebt hierfür zwei in der Anordnung wesentlich verschiedene Arten, die Schützöffnungen in den Thoren und die Umlaufcanäle in oder hinter den Seitenwänden. Bei beiden muss als Aufgabe gelten, dass sie durchaus dicht verschliessbar sowie leicht und rasch zu öffnen und zu schliessen sind, und dass sie nach der Oeffnung dem Wasser mit möglichst wenig Hinderniss den Durchgang gestatten. Die erste Forderung wird namentlich wichtig, wo das Oberwasser zu sparen ist, ausserdem bewirkt eine Undichtigkeit unter Umständen auch eine wenn gleich langsame Abnutzung. Die anderen Forderungen sind um so wichtiger, je stärker die Frequenz der Schleuse, und stimmen in dieser Hinsicht mit den nach dem vorigen Paragraph an die Bewegungsvorrichtungen der Thore gestellten Anforderungen überein. Ein Zeitgewinn von einer halben Minute bei dem einmaligen Durchschleusen kann die Zahl der an einem Tage passirenden Schiffe um einige derselben erhöhen. Es dürfen deshalb unter Umständen kostspieligere Einrichtungen nicht gescheut werden, wogegen manche selbst noch in neuerer Zeit ausgeführte Vorrichtungen unbedingt verwerflich erscheinen. Es bestehen nämlich bei gleich grossen Schleusen in

der Zeit für die Ausgleichung der Wasserstände Unterschiede von über 5 Minuten, welche lediglich der besseren oder schlechteren Einrichtung der Schützen u. s. w. zuzuschreiben sind, und welche die eine Schleuse doppelt so leistungsfähig machen als die andere.

Es hängt nun zwar gemäss § 7 nach geschehener Verbindung der betreffenden Wasserflächen die Zeit der Ausspiegelung wesentlich von der Weite der sie verbindenden Oeffnungen ab. Aber die Grösse der Oeffnungen darf auch nicht unbedingt über ein gewisses Maass gehen, wenn nicht zunächst die Schwierigkeit in der Construction und in der Handhabung der Verschlussvorrichtung, sodann aber auch die Bewegung des ein- und ausströmenden Wassers für die Schleuse und für die Schiffe zu gross werden sollen. Je grösser die Schütze in den Thoren oder die Umläufe in oder hinter den Seitenmauern, desto mehr werden diese wichtigen Constructionstheile geschwächt oder in ihrer Herstellung erschwert, und um so mehr Zeit wird zur Bewegung der Verschlussvorrichtungen bei Annahme gleicher Arbeitskraft verbraucht. Für gewöhnliche Canalschleusenthore wird es schwer halten, ohne Schwächung des ganzen Thores höhere Oeffnungen als etwa von $0^m,5$ bis $0^m,6$ herzustellen, während die Breite der Construction zwar weniger beschränkt ist, aber wegen der Handhabung nur bei besonderen Einrichtungen etwa über 1^m zu nehmen sein dürfte. Eine Vergrösserung der Gesammtöffnung der Schützen oder Umläufe des Oberhauptes über das Maass von $1\square^m$ bringt ferner bei etwa 2 bis 3^m Spiegeldifferenz in der Kammer einer gewöhnlichen Canalschleuse schon eine sehr merkliche Wasserbewegung hervor, indem der aus jenen Oeffnungen kommende Strahl sich nicht sofort dem grösseren Querschnitte der Kammer entsprechend abschwächt, sondern seine lebendige Kraft nur sehr langsam durch die Reibnng an den Wänden und dem umgebenden Wasser verliert. Es werden aber durch den Stoss dieses Wasserstrahles, wenn er zu heftig ist, kleinere oder unbeladene Schiffe in der Kammer hin- und hergestossen und dabei ihnen oder den Schleusenthoren Beschädigungen zugefügt. Ausserdem würden grössere Wassermassen leicht schädliche Erschütterungen an verschiedenen Constructionstheilen verursachen.

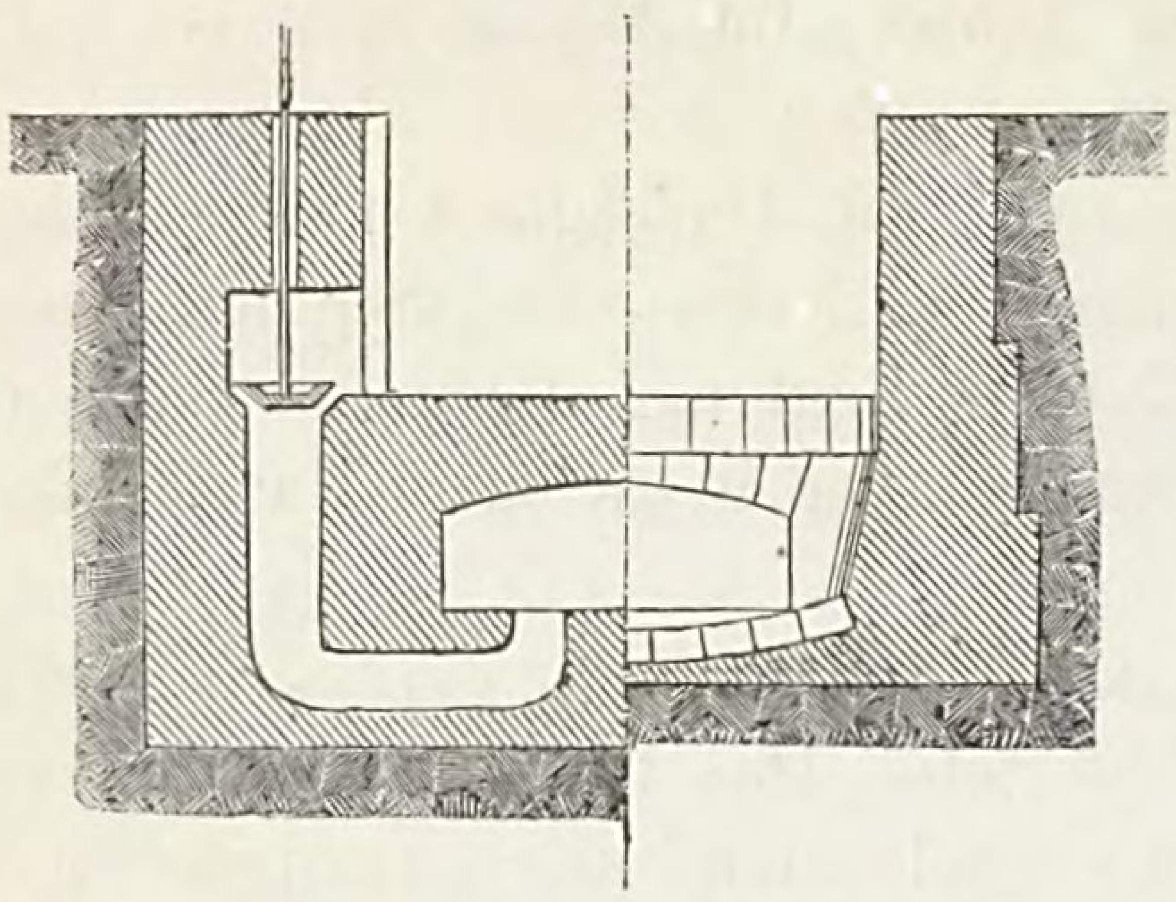
Aus der in § 7 aufgestellten Formel $F = \frac{2\,A\,.\,\sqrt{h}}{\mu\,A_{,}\,\sqrt{2g}}$ ergiebt sich z. B. für eine Schleuse von 40^m Länge zwischen den Thoren und 6^m Breite, also einer Oberfläche $A = 240\square^m$, und bei einem Gefälle h von 2^m, einer Gesammtweite der Schützen $A_{,} = 1\square^m$, unter Annahme des Ausflusscœfficienten $\mu = 0{,}6^m$, die Zeit F zum Füllen oder Leeren = 245 Secunden oder $4\,{}^1/_4$ Minuten. Diese Zeit von 4 bis 5 Minuten ist meistens nicht zu gross und würde andererseits bei der anfänglichen Ausflussgeschwindigkeit von etwa 6^m die ebenfalls zu Anfang ausfliessende Wassermenge von etwa 3 bis 4 kb^m nicht wesentlich vergrössert werden dürfen, um nicht die Schiffe zu belästigen oder zu gefährden. Dass die Querschnittsgrösse der Oeffnungen mit der Oberflächengrösse der Schleuse im einfachen Verhältnisse wachsen muss, um eine gleiche Zeitdauer, unter Annahme gleicher Werthe für h und μ zu erhalten, geht aus obiger Formel hervor. Diese Zunahme ist aber mit Rücksicht auf die Wasserbewegung in der Kammer nicht im vollen Maasse zulässig, weil der Stoss des Wasserstrahls mit seiner Masse wächst und, wie oben erwähnt, nicht im umgekehrten Verhältnisse zur Kammergrösse steht. Da indess die Grösse der Schiffe im Allgemeinen mit der Schleusengrösse wächst und das grössere Schiff auch einen heftigeren Stoss ertragen kann, so kann annähernd jenes Verhältniss zwischen Schleusengrösse und

Schützöffnung als ein ziemlich constantes zwischen 1:200 bis 1:250 empfohlen werden. In einzelnen Fällen darf zur Vermeidung einer zu heftigen Bewegung die Schützöffnung anfangs nur zum Theil frei gemacht werden.

Es fragt sich ausser der Grösse sodann vorzugsweise, welche Art von Oeffnung, ob Thorschütze oder Umläufe, zu wählen sei. Beide haben ihre eigenthümlichen Vorzüge, die jedoch von verschiedenen Umständen abhängig sind. Im Allgemeinen sind die Thorschütze billiger, weil bei den Umläufen zu den Verschlussvorrichtungen noch die Herstellung eines mit besonderer Sorgfalt auszuführenden Canales hinzukommt. Bei mangelhaft ausgeführten Umläufen geben diese zu einer raschen Zerstörung des Mauerwerkes Veranlassung, indem das Wasser mit einer Geschwindigkeit von einigen Metern fliesst. Es ist also schon fast unbedingt nothwendig, die Umläufe aus guten und sehr dichtschliessenden Quadern herzustellen. Eine Reparatur in den Umläufen ist, wenn nicht die ganze Schleuse trocken gelegt wird, nur mit grossen Schwierigkeiten zu beschaffen. Wenn also keine Vortheile für den Betrieb erreicht werden, so ist der Kosten wegen unbedingt von Umläufen abzusehen. Dies geschieht auch allgemein an den Unterhäuptern der Canalschleusen mit Ausnahme bei einigen im § 20 beschriebenen Schleusen, wobei die Umläufe noch zu anderen Zwecken als dem blossen Füllen und Leeren der Kammer angelegt sind. Bei vielen Seeschleusen ferner, bei denen die Umlaufscanäle mit geeigneten Abzweigungen zugleich zur Spülung der Thorkammer und Vorschleuse (siehe w. u.) dienen, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse (Fig. 16, Taf. LI), wobei das Aussenhaupt während der längsten Zeit als Unterhaupt gilt, sind die Umläufe mit besonders grossen Querschnitten ausgeführt.

Wo aber das Füllen der Kammer in Frage kommt, wie bei den Oberhäuptern der Canalschleusen, sind in der Regel die Umläufe den Thorschützen vorzuziehen, wenn die letzteren eine zu grosse Schwächung der niedrigeren und zur Versackung geneigteren Oberthore herbeiführen würden und wenn man bei den Thorschützen nicht die ganze Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser als Druckhöhe benutzen kann. Dies ist der Fall, wenn das Unterwasser niedriger liegt als die Schützöffnung im Anfange des Durchfliessens. Hierbei tritt dann noch für niedrige oder tiefbeladene Canalschiffe die Gefahr ein, dass das Wasser aus der Schützöffnung in das Schiff stürzt. Man kann zwar zur Vermeidung dieser Mängel mit einigen Mehrkosten das Oberthor so tief hinabführen, dass die Schützöffnung stets unter dem Unterwasser liegt, wobei ausserdem gegen das Versacken eine günstigere Thorform erreicht wird. Vergl. § 6. Es bleibt aber immer bei den Thorschützen im Oberhaupt der Mangel, dass bei nicht genügender Befestigung die Schiffe durch den ausfliessenden Wasserstrahl in ihrer Längenrichtung stark gegen das Unterthor getrieben werden. Diese Uebelstände werden sämmtlich durch seitliche, aber genau symmetrisch liegende Umläufe vermieden, welche, wie z. B. bei Fig. 9, Taf. L und Fig. 1 und 3, Taf. LII, dicht über dem Thorkammerboden oder wie in Fig. 11, Taf. L in der dem Oberwasser zugekehrten Frontmauer des Oberhauptes beginnen und möglichst tief über dem Boden der Kammer wieder ausmünden. Werden solche Umläufe gleichzeitig geöffnet, so vernichten sich die beiden Wasserstrahlen nahezu unschädlich für die ruhige Lage des Schiffes und es darf alsdann den Querschnitten ohne Nachtheil eine grössere Weite gegeben werden, als den etwa für dieselbe Schleuse fraglichen Thorschützen. Offenbar wird auch das Gefälle des Wassers für die Ausflussgeschwindigkeit voll benutzt, wobei freilich durch die Richtungsänderungen des Umlaufcanales

Fig. 45.



wieder ein gewisser Verlust entsteht. Es muss deshalb eine möglichst sanfte Biegung wie z. B. nach Fig. 3, Taf. LII angestrebt werden. Die bei einigen älteren Schleusen gewählte Anordnung, dass die Mündungen der Umlaufscanäle sich in dem Abfallboden nach nebenstehender Skizze Fig. 45 vereinigen, giebt zu erheblichen Richtungsänderungen Veranlassung. Der Grund dieser Construction war, dass man den seitlichen Stoss des Wassers gegen die Schiffe vermeiden wollte. Zu diesem Zwecke sind sogar die Umlaufscanäle erst tief bis unter den Boden der Kammer und dann erst wieder senkrecht aufwärts geführt, damit der Wasserstrahl sich an Kraft erschöpfen sollte.

Wichtig ist es für die Wirkung aller Umläufe, dass keine Luft mit in den Canal treten kann, weil dadurch der Durchfluss sich erheblich vermindert. Es ist deshalb am besten, den Umlauf nur an dem oberen Endpunkte durch eine frei vor der Seitenwand liegende Verschlussvorrichtung oder wenigstens so zu verschliessen, dass hinter dieser Vorrichtung keine Luft in den Canal treten kann.

Um das Mauerwerk möglichst wenig zu schwächen oder anzugreifen, hat man besonders in England oft die Umläufe aus eisernen Röhren gebildet, wovon Fig. 19 und 21, Taf. LI, sowie die Fig. 21, S. 913, Beispiele geben.

Die Verschlussvorrichtungen, welche bei Thorschützen sowie bei Umläufen zur Anwendung gebracht sind, können nach 3 Hauptarten unterschieden werden, in Zugschütze, Drehklappen und Ventile.

Bei den Zugschützen liegt die Oeffnung in einer verticalen Ebene und wird durch eine Tafel, die Schütztafel oder auch allein das Schütz genannt, verschlossen. Siehe Fig. 1, Taf. XLIX, Fig. 3, Taf. LIII, Fig. 11, 13 und 20, Taf. LIV. Die Bewegung der Tafel geschieht parallel zu jener Ebene und zwar meistens in senkrechter, selten in schräg geneigter Richtung. Es kann dabei das Schütz aus einer völlig einheitlichen Tafel oder aus einer durchbrochenen Fläche bestehen, ferner nur nach einer Richtung oder unter Umständen abwechselnd nach beiden Seiten (Fig. 16 und 17, Taf. LVI) Druck erhalten und den Verschluss bewirken. Bei allen Schütztafeln ist als Widerstand gegen die Bewegung das Product aus dem Druck auf die Schützfläche und dem Reibungscoefficienten anzusehen. Im Allgemeinen ist unter gleichen Verhältnissen dieser Widerstand grösser als bei den anderen Arten des Verschlusses. Dagegen ist die Construction am einfachsten und die Dichtigkeit am leichtesten zu beschaffen.

Die Drehklappen (Fig. 7 bis 13, Taf. LVI) bewegen sich um eine verticale oder horizontale Achse, ersteres vorzüglich nur in den Umläufen. In der Regel theilt die Achse die ganze Klappe in zwei ungleiche Hälften im Verhältniss von etwa 8 bis 9 : 10, wobei der Ueberdruck der grösseren Hälfte den dichten Anschluss der Klappenränder an den festen Rahmen bewirken muss. Bei der Oeffnung muss die Klappe dem durchströmenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegensetzen, dazu an den der Strömung entgegen liegenden Kanten thunlichst schmal sein und sich genau in die Richtung des ausfliessenden Wassers stellen lassen. Der Widerstand gegen die Bewegung der Klappe berechnet sich bei dem Beginn der Oeffnung aus der Differenz der beiden Hälften und der Druckhöhe, nach einer gewissen Oeffnung

jedoch aus der Stosskraft des bewegten Wassers gegen die schräg gestellten ungleichen Flächen und endlich aus der Zapfenreibung der Achse. Im Allgemeinen ist unter gleichen Umständen die nöthige Kraft zum Bewegen weit geringer als bei einem Zugschütz, dagegen die Construction schwieriger und die Dichtigkeit mangelhafter. Eine besondere Art dieser Drehklappen bildet das sog. Kreis- oder Segmentschütz, wobei die Drehachse ausser der verschliessenden Klappe liegt und diese eine Segmentform erhält. Der Widerstand wird hierbei sehr gering, aber in gleichem Maasse auch die Dichtigkeit.

Die Ventilverschlüsse endlich können als einfache Klappenventile, Kegel- und Glockenventile oder als Cylinderventile gebildet sein. Das Wesentliche bei ihnen ist, dass von der verschlossenen Oeffnung ein den vorstehenden Namen entsprechender Körper abgehoben und für den Verschluss wieder darauf niedergelassen wird. Je nach der Form dieser Körper ist bei dem Anheben ein grosser oder kleiner Widerstand zu überwinden, je nachdem ob der Wasserdruck auf die Oberfläche des Körpers drückt oder nur vermöge der Reibung des Wassers an ihm in Betracht kommt. In letzterem Falle, namentlich bei den Cylinderventilen, ist die zur Hebung nothwendige Kraft nicht viel grösser als das Gewicht des Cylinders. Während der Oeffnung erhalten die Ventile einen hydraulischen Druck, welcher ebenfalls durch geeignete Form sehr klein gehalten werden kann. Die Dichtung ist jedoch weit weniger leicht als bei den anderen Arten.

Die constructiven Einzelnheiten sind durch folgende Beispiele näher zu ersehen.

In Fig. 3, Taf. LIII ist ein grosses hölzernes Thorschütz von reichlich 0,9 □m Weite dargestellt. Bei derartigen Schützen werden zwischen zwei unter dem Unterwasser oder Niedrigwasser liegenden Riegeln zunächst zwei Schützständer von gleicher Dicke wie die der Riegel eingezapft sowohl zur Unterstützung der Schütztafel als der abgeschnittenen Bekleidungsbohlen. Damit das Schütz seine Führung erhalte, werden die sog. Schützgeleitständer oder Schützleisten aussen auf der Fläche der Bekleidung aufgeschraubt von einer solchen Höhe, dass ausser der nöthigen Führung die Schützen hoch genug für etwaige Reparaturen u. s. w. hinaufgezogen werden können. Diese Ständer sind entweder von Holz oder wie in Fig. 17 von Gusseisen, und enthalten einen Falz von einigen Centimeter Breite. Zwischen den Ständern liegt unten mit der Oberkante des Riegels in einer Höhe die Schützschwelle, auf welche das Schütz sich aufsetzt. Um in dem vorliegenden Falle die Schütztafel über das schräge Zugband hinüberziehen zu können, liegt eine etwas dickere Leiste an der oberen Kante der Schützöffnung und ist ausserdem der Falz in den Geleitständern um die gleiche Dicke von der Bekleidungsfläche entfernt. Die Schütztafel besteht aus gespundeten Querbohlen, welche durch zwei verticale Leisten zusammengehalten werden. Auf letzteren liegt die Gabel der oben gezahnten Schützstange, welche beide mit einem Gelenk verbunden sind, um bequem getrennt werden zu können. Damit der Reibungswiderstand möglichst klein werde, sind die Schütztafeln und die Geleitflächen der Ständer mit gehobelten Eisenschienen eingefasst, so dass die Reibung nur etwa ein Viertel so gross bleibt, als wenn die Holzschützen sich auf den hölzernen Leisten hätten bewegen müssen.

Wenn es auch im Allgemeinen zu empfehlen ist, die Schütze aus Blech, wie in Fig. 1, Taf. LIV, oder aus Gusseisen zu construiren, weil die sämmtlichen Theile dabei einer sehr viel geringeren Abnutzung oder Formveränderung als bei einem Holzschütz unterliegen, so musste doch bei den Papenburger Schleusenthoren wegen des grossen Gewichts davon Abstand genommen werden. Um nämlich bei geschlossenen Ebbethoren die nöthige Abwässerung des Binnenlandes nicht zu unterbrechen, sind die Ebbethorflügel je mit 2 Schützen von obiger Weite, im Ganzen also mit 3,7 □m Oeffnung versehen. Die Ebbethore selbst zur gewöhnlichen Abwässerung zu benutzen verbot sich durch die Schwierigkeit, die Thore während starker Ausströmung sicher und rechtzeitig zu schliessen. Jene Weite der Schützöffnungen hätte aber sehr schwere gusseiserne Schütze und Leisten bedingt und die ohnehin ungünstig geformten Ebbethore zur Versackung veranlasst. Die Schütze der Fluththore wurden der Gleichmässigkeit wegen nun ebenfalls aus Holz construirt; ihre grosse Oeffnung war durch die grosse Kammer bedingt.

Das ebenfalls aus Holz construirte Schütz in den Spülcanälen der Dockschleuse zu Leer, Fig. 14 bis 18, Taf. LVI ist w. u. bei Besprechung der Spülvorrichtungen beschrieben und gilt als Beispiel eines abwechselnd von zwei Seiten gedrückten Zugschützes.

Für die mechanische Arbeit des Aufziehens von erheblichem Gewinn ist die Zertheilung der Schützfläche in einzelne übereinanderliegende Streifen. Diese Schütze heissen Register- oder Coulissen-Schütze, wovon Fig. 11 und 12, Taf. LIV ein Beispiel giebt. Es liegen dabei 5 Oeffnungen übereinander und zwar sowohl in der Schütztafel als in dem festen Rahmen des Schützes. Die Zwischenräume zwischen den Oeffnungen haben genau dieselbe Höhe als diese. Sobald also die Schütztafel nur um die Höhe einer Oeffnung aufgezogen oder niedergedrückt wird, sind alle Oeffnungen für das Durchströmen des Wassers frei. Eine wesentliche Vervollkommnung dieser Art von Schützen liegt ferner darin, dass die zwischen den Oeffnungen der Schütztafel liegenden Streifen im Querschnitt nach Halbkreisen gekrümmt sind, so dass je zwei benachbarte von ihnen mit den festen Zwischenstreifen des Rahmens zusammen annähernd die Form des contrahirten Wasserstrahles bilden. Hierdurch wird die Contraction sehr verringert und der Ausflusscoefficient um etwa die Hälfte vergrössert. Denn bei den gewöhnlichen mit scharfen Kanten in der senkrechten Wand liegenden Schützöffnungen mittlerer Grösse (etwa 0,5$\square^{m}$) muss der Ausflusscoefficient nur zu 0,6 angenommen werden, wogegen er bei einem solchen Coulissenschütz gleich 0,9 gesetzt werden darf. Endlich ist bei dem dargestellten Beispiele die Anbringung zweier Schützen nebeneinander zu beachten, wodurch mit Hülfe der geeigneten Bewegungsvorrichtung das gleichzeitige Oeffnen beider Schützen erreicht wird. Es ist diese Einrichtung auch bei anderen ungetheilten Zugschützen getroffen, doch wird sie bei Registerschützen erst besonders vortheilhaft.

Von den Drehschützen oder Drehklappen ist zunächst in Fig. 7 bis 9, Taf. LVI ein Beispiel für den Abschluss eines Umlaufcanales gegeben. In der Ansicht Fig. 7 ist das Schütz zur Hälfte rechts mit den beiderseitigen Holzbohlen bekleidet; links dagegen unbekleidet nur im eisernen Gerippe dargestellt. Ausser dieser Construction giebt es namentlich für kleinere Klappen reine Eisenconstructionen in Blech oder Gusseisen. Aus den Zahlen im Schnitt Fig. 8 geht hervor, dass die linke Hälfte $1^{m},22$, die rechte $1^{m},12$ breit ist, erstere also den Ueberdruck hat und den Anschluss befördert. Zum Oeffnen und Schliessen dient das wegen seiner vielen kleinen Zahnräder wohl nicht besonders zweckmässige Windewerk.

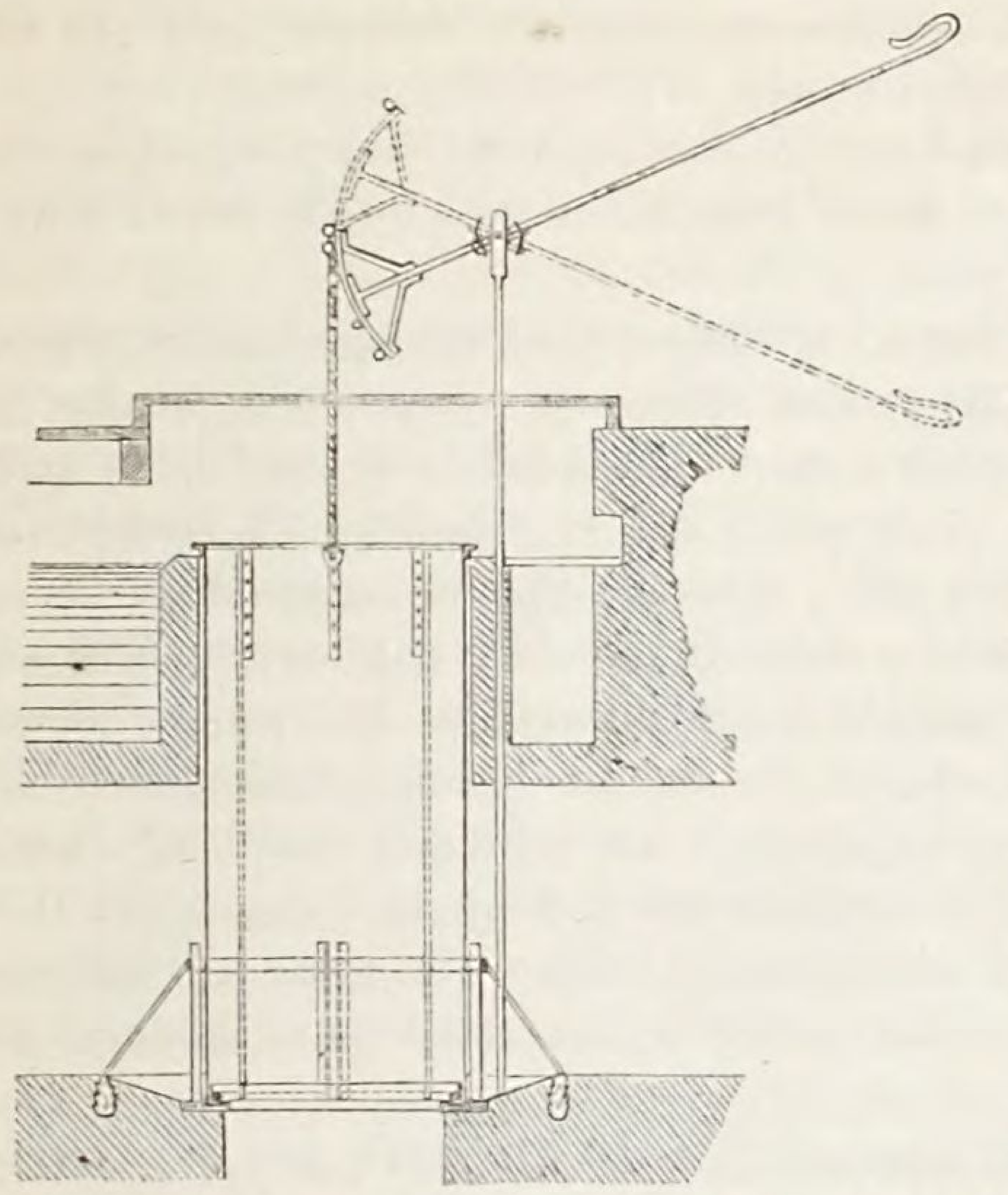
In der Anordnung sehr ähnlich sind die in Fig. 4 bis 6 und 11 bis 13, Taf. LVI gegebenen Beispiele von Spülthoren, wovon w. u. die Rede.

In den Thoren würde für den gewöhnlichen Gebrauch zum Füllen und Leeren der Kammer eine Drehklappe mit verticaler Achse nicht zweckmässig sein, weil sie am Thore nicht so bequem zu bedienen ist als eine Klappe mit horizontaler Achse, vorausgesetzt, dass dabei eine mässige Grösse nicht überschritten wird. Es bedarf nämlich bei den in Fig. 10, Taf. LVI in einem Beispiele dargestellten horizontalen Klappen nur einer etwas schrägen Stellung während des Verschlusses und eines abwärts gerichteten Drucks gegen die grössere obere Hälfte der Klappe, um diese zur Oeffnung zu bringen. Diese Bewegung wird besonders leicht durch einen auf der Laufbrücke liegenden Winkelhebel hervorgebracht, dessen langer Schenkel etwa 10 mal so gross als der kurze ist und, um 180° gedreht, eine an dem kurzen Arm hängende Lenkstange um die doppelte Länge des letzteren hinabdrückt. Die Lenkstange ist durch ein Gelenk mit einer senkrechten Führungsstange verbunden und diese wieder durch eine kurze Lenkstange mit der oberen Kante der Drehklappe, die zusammen einen Kreisbogen beschreiben. Bei dieser Einrichtung[13]) lassen sich nahezu 1$\square^{m}$ grosse Klappen in einigen Secunden Zeit öffnen, während zum Oeffnen eines etwa gleich grossen einfachen Zugschützes etwa 2 Minuten erforderlich sind.

Von den Ventilverschlüssen sind die Klappen- und Kegel-Ventile nach einigen Anwendungen als unzweckmässig verlassen, dagegen verdienen die in Fig. 9, Taf. LII angedeuteten und im § 20 bei Beschreibung des Caligny'schen Apparates näher erwähnten Cylinder-Ventile besondere Beachtung. Dieselben kommen u. A. auch bei Verschlüssen von Einlaufrohren für Wasserleitungen vor und haben den bereits oben erwähnten Vortheil, dass die zu ihrer Bewegung erforderliche Kraft und Zeit verhältnissmässig am kleinsten ist. Sie bestehen nach nachstehender Skizze Fig. 46, S. 957 im Wesentlichen aus einem möglichst leichten über das Oberwasser reichenden Blechcylinder, welcher unten entweder mit einer conischen Ringfläche (Sitz) oder einfacher mit einem schweren Zinkwulst auf einem Gummiringe an dem Rande einer festen Oeffnung aufsteht und oben an einer über ein Kreissegment sich legenden Kette (am besten einer Gall'schen wegen Drehung) hängt. Ein einfaches Niederdrücken des

[13]) Vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1877. Bl. 62.

Fig. 46.



Hebels genügt zur Hebung des unten in einer ringförmigen Führung stehenden Cylinders, wobei die Hubkraft nur etwas mehr als das Gewicht desselben beträgt. Ein besonderer Vortheil liegt bei diesen Cylindern unter Umständen darin, dass ohne Gefahr einer Stosswirkung die Oeffnung plötzlich geschlossen werden kann. Speciellere Details siehe Lagrené, Navig. int., Pl. 16.

Es erübrigt schliesslich noch einiges im Allgemeinen über die Bewegungsmechanismen dieser sämmtlichen Verschlussvorrichtungen zu sagen. Wenn irgend möglich sollte wie in Fig. 18, Taf. LIII und Fig. 10, Taf. LIV gezeichnet, ein langer und mit grosser Kraft zu bewegender Hebel angebracht werden, weil dabei die menschliche Kraft am günstigsten benutzt wird. Nur darf man die Triebräder dabei nicht zu klein nehmen. Es lassen sich Zugschütze von geringer Höhe und horizontale Drehklappen besonders gut damit bewegen. Das Gewicht der Zugschützen wird wohl noch durch ein Gegengewicht, siehe Fig. 13, Taf. LIV, zum Theil oder ganz aufgehoben, doch hat diese das Thor stets etwas beschwerende Einrichtung nur einen geringen Nutzen, indem der Reibungswiderstand eines grossen Zugschützes fast immer sehr viel grösser ist als das Gewicht. Bei grosser Zugkraft werden statt der einfachen Hebel, welche eine Uebersetzung von etwa 1:15 gestatten, Winden von einer Uebersetzung wie 1:25 und darüber nothwendig. Wenn es dabei wenig auf die Zeit der Bewegung ankommt, so ist die Hebung des Schützes mittelst einer Schraubenspindel von flacher Steigung sehr bequem. Siehe Fig. 21, Taf. LIV und Fig. 16, Taf. LVI.

Die Vorrichtungen zum Spülen bei Schiffsschleusen unterscheiden sich von denen zum Füllen und Leeren der Kammer hauptsächlich nur durch die Grösse der Oeffnungen. Sie werden nur dort nothwendig, wo ein starker Schlickfall stattfindet, was z. B. an der ganzen Nordseeküste die Regel ist. Es lassen sich, wenn man von den nur zu Spülzwecken erbauten Schleusen (siehe Cap. XVII, § 17) hier absieht, die zwei Hauptfälle unterscheiden, dass die Spülvorrichtung nur zur Reinhaltung der Schleusenböden dienen soll oder dass sie auch zur Beseitigung der Ablagerungen in dem Fahrwasser bestimmt ist.

Als Beispiel einer nur die Beseitigung der Schlickablagerungen in der Thorkammer und in dem vorderen Theil des Vorhafens bezweckenden Spülvorrichtung dienen die Fig. 14 bis 18, Taf. LVI von der Dockschleuse zu Leer.[14]) In Fig. 18 sind die in dem Mauerwerk angelegten Spülcanäle dargestellt, wobei der Horizontalschnitt dicht über dem horizontalen Boden derselben genommen ist. Der Thorzapfen und die Wendenische zeigen die Lage der $16^m,8$ weiten Schleuse. Es münden danach je zwei Arme der Umläufe oder Spülcanäle nach Aussen in den sich allmählich auf 52^m erweiternden und 64^m langen Vorhafen, während auf der Binnen- oder Bassinseite in jeder Thornische der Hauptcanal sich in 5 je $0^m,584$ weite Spülcanäle verzweigt. Der Hauptcanal nimmt nach den Enden wie an Weite so auch an Höhe ab, indem die Decken der Zweigcanäle sich der Weite entsprechend senken. Die Durchflussöffnung jedes Hauptcanals beträgt am Schütz $1{,}7\square^m$, der 5 inneren Zweigcanäle zusammen etwa ebensoviel und der zwei äusseren Canäle zusammen nur $1{,}55\square^m$, um die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers nach dem Vorhafen hin noch etwas zu vermehren. Die Spülung

[14]) Schleuse am Bahnhofshafen zu Leer von Jordan. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver zu Hannover, Band IX.

geschieht von innen nach aussen, wobei jedoch in der innenliegenden Thorkammer der Schlick angesogen wird, wenigstens in der Nähe der Thornische, in der die Ablagerung besonders unbequem für die Bewegung der Thore sein würde. Die nach aussen mündenden Canäle lassen ihre Spülströme nach der Mitte des Vorhafens zusammentreffen. Die Spülcanäle sind zur Verhütung von Verstopfungen aussen mit kleinen während der Spülung zu entfernenden Gittern, innen jedoch nur mit je zwei festen Eisenstäben versehen.

Wie Fig. 16 und 17 ergeben, wird das Zugschütz durch horizontale Umdrehung einer Schraubenspindel gehoben und gesenkt. Die Drehung geschieht mittelst eines aufgesetzten Schlüssels, welcher in bequemer Höhe für zwei Mann einen horizontalen Querstock trägt. Die Spindel, welche dicht unter ihrem Kopf durch ein Halslager gehalten und getragen wird, wirkt auf eine bewegliche Mutter, die in der Zeichnung ihren höchsten Stand zeigt. An dieser sitzt eine die Spindel umgebende Hülse, welche unten durch eine feste Führung geht und zugleich in ihrem Inneren für das untere Ende der Spindel die nöthige Führung gibt. An der Hülse hängt endlich die Schützstange. Der grösste Druck auf das Schütz beträgt 6400^k und verursacht mit dem Gewicht des Schützes einen Widerstand, der bei 12^{mm} Steigung der Schraube mit dem etwa $0^m,7$ langen Querstock am Schlüssel durch 30^k Druck überwunden werden kann. Das Schütz ist in diesem Falle der grösseren Leichtigkeit wegen aus Holz construirt und läuft mit etwa 12^{cm} Anschlag zwischen Sandsteinquadern. Eine weit geringere Reibung des Schützes würde unzweifelhaft durch Verwendung von Eisen zum Schütz sowie zum Rahmen gewonnen werden können.

Etwas complicirter ist die Spülanlage bei einer Kammerschleuse wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse. Siehe Fig. 12 bis 16, Taf. LI. Es ist dort in der ganzen Länge der Schleuse zu beiden Seiten ein in der Sohle in Quaderwerk, darüber in Klinkern gemauerter Umlaufscanal von $1^m,17$ Breite und $2^m,34$ Höhe angelegt, der an der Bassinseite gradlinig und ohne Verzweigung, dagegen an der Vorhafenseite nach einer Verzweigung in 5 kleinere Canäle mündet. Dicht vor den beiden Enden liegt ein gusseisernes, in eisernen Falzen laufendes Zugschütz. Es kann also bei niedrigem Aussenwasser zunächst der Vorhafen mit dem annähernd auf ordinärer Fluthhöhe stehenden Bassinwasser gespült werden. Um aber auch die Thorkammern der zwei Ebbethore und des äusseren Fluththores spülen zu können, befindet sich zwischen dem Hauptcanal und jeder Thorkammer eine seitliche, durch ein Schütz verschliessbare Oeffnung von fast gleichem Querschnitt wie im Hauptcanal, hinter welcher sich parallel zur Linie der Thornische ein nach den Enden an Querschnitt abnehmender Canal ausbildet und mit 6 Oeffnungen in der Thorkammer ausmündet. Durch geeignete Stellung sämmtlicher Schützen lässt sich der Spülstrom aus jeder Ebbethorkammer in den Hauptcanal und damit in den Vorhafen oder auch in die Fluththorkammer leiten; es könnte sogar bei geöffnetem Fluththor und äusserem Ebbethor auch der Spülstrom von der inneren Ebbethorkammer oder direct von dem Bassin her in die äussere Ebbethorkammer geleitet werden. Die Schlickablagerung in den Thorkammern und dem oberen Theil des Vorhafens wird auf diese Weise leicht beseitigt ehe sie der Schiffahrt und der Bewegung der Thore hinderlich werden kann. In dem vorderen oder unteren Theile des gekrümmten Vorhafens (siehe Taf. LVII) muss jedoch ausserdem häufig gebaggert werden. Im § 15 ist endlich noch erwähnt, dass zur Spülung der Schleusenkammer und Drempel die Ebbethore mit zwei Schützen in jedem Flügel von zusammen $1,79^{\square m}$ Querschnitt versehen sind, wodurch bei der gewöhnlichen Druckhöhe von etwa 3^m eine genügende Spülung erfolgt. Dass aber derartige Spüleinrichtungen, wie im Vorigen beschrieben, nicht zur Freihaltung verschlickender oder versandender längerer Aussenfahrwasser genügen können, ist im Cap. XVII, § 17 näher ausgeführt.

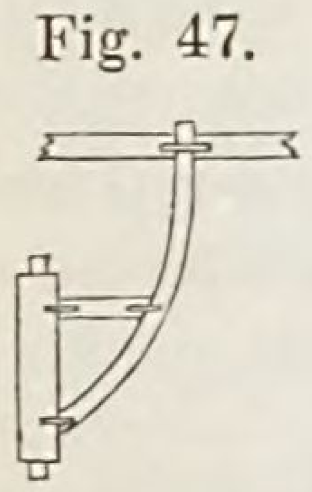
Als ein Beispiel, wo eine zur Schiffahrt und zur Abwässerung dienende Seeschleuse zugleich mit grossen Spüleinrichtungen versehen ist, um namentlich das dem Schlickfall direkt ausgesetzte Aussenfahrwasser zu spülen, dient die in Fig. 4 bis 6, Taf. LVI in den Haupttheilen dargestellte Schutzschleuse bei Emden.[15]) Ueber das Fahrwasser der Ems nach Emden ist im Cap. XV, S. 830 unter Hinweis auf die in Fig. 6 enthaltene Situation die Rede gewesen. Es sei hier nur kurz bemerkt, dass sich im Lauf von etwa 3 Jahrhunderten das Fahrwasser um circa 3600^m zu Ungunsten der Stadt verschoben hat. Die im Jahre 1848 erbaute Schleuse sollte nur mit Hülfe eines zu beiden Seiten anschliessenden Winterdeiches vorzugsweise die bis dahin ganz offene und zum Theil nur 1 bis 2^m über ordinärer Fluth belegene Stadt vor dem Eindringen hoher Fluthen schützen, dabei ein der Aufschlickung weniger ausgesetztes möglichst langes Binnenfahrwasser im Vergleich zu dem um so viel kürzeren Aussenfahrwasser schaffen, ausserdem die bis dahin frei in den Emdener Hafen aus

[15]) Ueber Sicherung der Stadt Emden gegen Sturmfluthen u. s. w. von Lahmeyer, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1858.

6 Sielen geschehene Binnenentwässerung eines grossen Theiles von Ostfriesland vermitteln, und endlich die Spülung des Aussenfahrwassers ermöglichen.

Zu diesen verschiedenen Zwecken ist die Schleuse als Schutzschleuse und wegen des bis zu 6^m hohen Wasserdrucks mit 2 hintereinander liegenden Fluththoren und 1 Ebbethore erbaut, in welchem letzteren sich die Spülvorrichtungen befinden. Die Schiffahrt erfordert die Weite von $10^m,67$ bei $4^m,49$ Tiefe unter ord. Hochwasser oder $1^m,41$ unter ordinärem Niedrigwasser. Für die Abwässerung genügte jedoch diese Weite nicht und fügte man desshalb der vorstehenden Oeffnung eine kleinere von $7^m,53$ mit gleicher Tiefenlage bei. Das Spülen geschieht durch Einlassen von mässigen Springfluthen bis zu $1^m,25$ über ordinärem Hochwässer durch möglichst grosse Oeffnungen in den Ebbethoren. Diese Oeffnungen sind mit den nach Fig. 4 und 5 in den grossen und kleinen Ebbethoren angebrachten sog. Spindelthoren verschlossen. Die Construction derselben dürfte jedoch nicht näher zu besprechen sein, da sie sich fast in allen Fällen, wie auch hier, nicht bewährt hat. Es sind nämlich schon in den ersten Jahren 2 Flügel dieser Spindelthore bei starkem Druck von innen herausgesprungen, weil die einen grossen Theil des Wasserdrucks aufnehmenden Zapfen und Pfannen, welche letztere in den Riegeln und Rahmstücken des Hauptthores eingelassen werden müssen, nicht die nöthige Festigkeit und sichere Lage erhalten können. Man hat desshalb hier die herausgesprungenen Spindelthore durch grosse Schützen ersetzt. Um solche grosse Spindelthore gegen den Ueberdruck der grösseren Hälfte zuzuhalten, bedient man sich meistens eines dreieckförmigen in nebenstehender Skizze Fig. 47 dargestellten, an der Wendesäule des Hauptthores befestigten Rahmens, von welchem nach oben bis zur Höhe des Hauptthores ein langer beliebig fest zu schliessender und zu lösender Arm aufsteigt. Der Rahmen drückt dabei an der Aussenseite die grössere nach dort hin aufschlagende Flügelhälfte zu, ist aber selbst um eine verticale Achse drehbar. Sobald also der obere Arm gelöst wird, dreht sich der Rahmen und danach das Spindelthor.

Fig. 47.



§ 20. Besondere Einrichtungen zur Wasserersparniss und Erleichterung des Durchschleusens. Zufolge Cap. VIII ist es für einzelne Canalhaltungen die schwierigste Aufgabe, das nöthige Speisewasser zu beschaffen und es erscheinen oft gewisse Canallinien nur deshalb unausführbar, weil es ihnen an Speisewasser für ihre oberen Haltungen gebricht. Wie es nun im Allgemeinen eine der interessantesten Fragen des Ingenieurfaches geworden ist, solche Canallinien trotz des Wassermangels mit Hülfe anderer Einrichtungen als Schleusen, namentlich mit sog. geneigten Ebenen betriebsfähig zu machen, so ist es im Speciellen für das vorliegende Capitel eine wichtige Frage, wie die Canalschleusen unter ungünstigen Wasserverhältnissen als besonders sparsam im Wasserverbrauch eingerichtet werden können. Diese Frage kann anscheinend in sehr einfacher Weise dadurch umgangen werden, dass man aus den unteren, genügend gespeisten Haltungen so viel in die oberen hineinschöpft als diese zur Deckung ihrer Verluste erfordern. Man hat sogar versucht, die bei der Entleerung der Schleusenkammer in das Unterwasser fliessende Wassermenge als Aufschlagwasser zum Betriebe von Wasserrädern zu benutzen, welche jenes Aufschöpfen besorgen sollten. Diese Versuche sind indess misslungen, grossentheils deshalb weil auf diese Weise nur ein kleinerer Theil des Wassers der Schleusenkammer wieder gewonnen wird, als dies durch weit einfachere Mittel möglich ist. Die abnehmende Druckhöhe des Schleusenwassers giebt nämlich bei den unvermeidlich schädlichen Widerständen einen zu ungünstigen Nutzeffect für das die Schöpfmaschine treibende Wasserrad, so dass es kaum möglich scheint mehr als etwa 30 Procent der ganzen mechanischen Arbeit des fallenden Wassers nutzbar zu machen, oder etwa mehr als ein Drittel dieses Wassers wieder zu gewinnen. Das directe Aufpumpen des gesammten fehlenden Speisewassers wird aber wohl in den meisten Fällen als zu kostspielig erscheinen, weil dieses Quantum Wasser ungleich grösser ist, als die sich auf dem Canal bewegenden Nutzlasten der Schiffe. Denn es ist gering gerechnet das Gewicht jeder Schleusenfüllung mindestens doppelt so gross als die Nutzlast eines vollen Schiffes,

und da jedes durchgeschleuste Schiff etwa eine Schleusenfüllung verbraucht, ferner aber das nöthige Speisewasser nur zum Theil zur Füllung der Schleusen, zum grossen Theil zur Deckung sonstiger Verluste dient, so würde durch das Aufpumpen des Speisewassers, zumal bei mehreren Haltungen hintereinander, der Betrieb des Canales in vielen Fällen unverhältnissmässig theuer werden. Dass in einzelnen Fällen, namentlich aushülfsweise in besonders trockenen Zeiten mit Vortheil die Speisung durch Schöpfwerke geschehen kann, wird dadurch keineswegs bestritten, doch wird es in jedem Falle einer sorgfältigen Berechnung bedürfen.

Die bis jetzt versuchten Mittel zur Ersparung an Durchschleusungswasser beruhen nun auf verschiedenen Principien. Bei den gewöhnlichen Seitenbassins wird ein genau durch hydrostatische Ausspiegelung begrenztes Quantum Wasser aus der Kammer in ein oder mehrere Seitenbassins hineingelassen und aus diesen wieder in die Kammer zurückgeführt. Bei den Seitenbassins mit Schwimmern nach dem System Girard wird die Füllmasse der Kammer bald in das feste Seitenbassin hinabgelassen, bald wieder aus diesem in die Kammer hinaufgedrückt, je nachdem ein dieses Seitenbassin nahezu ganz ausfüllendes bewegliches Bassin oder ein Schwimmer aufsteigt oder niedersinkt und in letzterem Falle auf die in dem festen Bassin enthaltene Füllmasse drückt. (Siehe w. u.) Endlich wird durch die beweglichen Kammern bei übrigens völlig von einander getrennten Haltungen des Ober- und Unterwassers eine aus dem letzteren gefüllte Kammer so vor das Oberwasser geführt, dass eine Verbindung eintreten kann und dass ein volles hinabfahrendes Schiff, welches aus dem Oberwasser in die gehobene Kammer fährt, einen grossen Theil der Füllmasse derselben in das Oberwasser drückt.

Durch diese letztgenannten drei verschiedenen Methoden, wobei nur zum Theil bewegliche und dann meist durch Gegengewichte ausbalancirte Theile vorkommen, wird lediglich auf rein hydrostatischem Wege ein gewisses Quantum Oberwasser erspart oder Unterwasser gewonnen. Es ist ausserdem in neuerer Zeit noch durch das System Caligny das Problem glücklich gelöst worden, die lebendige Kraft der sich aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser hin bewegenden Masse zu benutzen, um entweder möglichst viel Oberwasser zu sparen oder aber Unterwasser in das Oberwasser hinaufzuziehen.

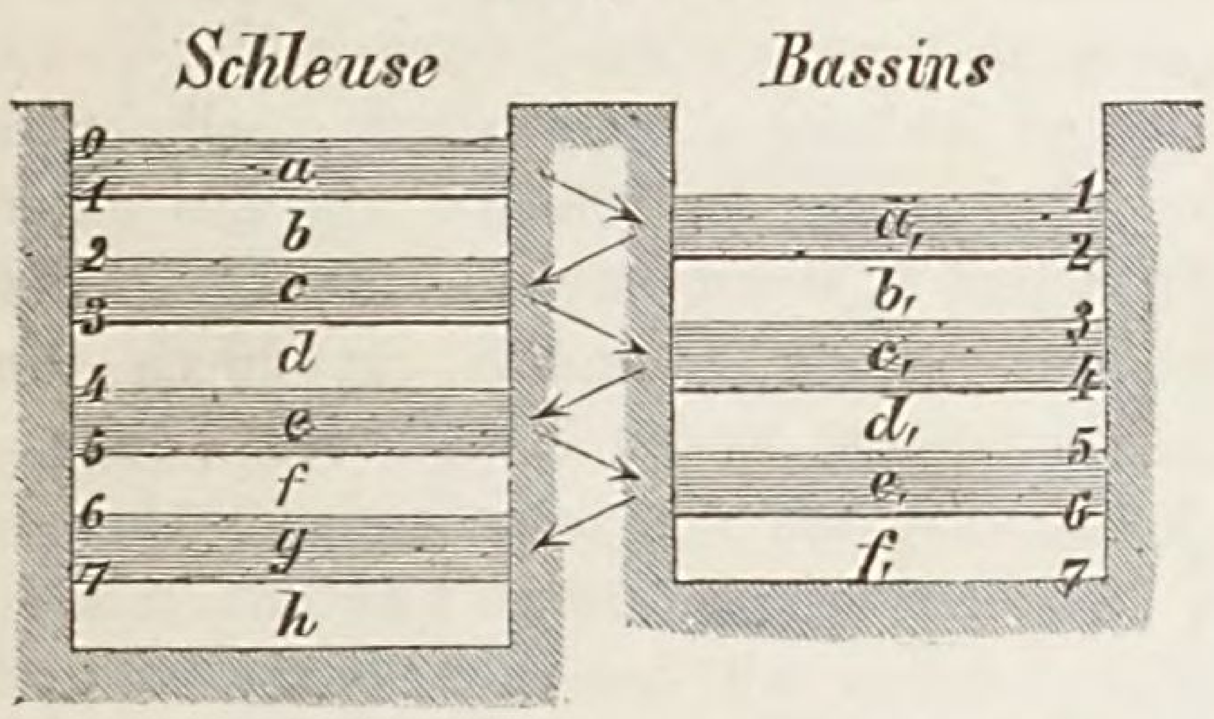
Obwohl die erwähnten verschiedenen Einrichtungen zur Wasserersparniss in einzelnen Fällen eine grosse Bedeutung erhalten können und fast alle ein complicirtes Detail besitzen, so erscheint es ihrer allgemeinen Bedeutung nach und im Vergleich zu anderen Einrichtungen der Schleusen genügend, sie hier nur in ihren wesentlichsten Theilen zu beschreiben. Von anderen vorgeschlagenen und sogar ausgeführten aber nicht bewährten Einrichtungen soll dagegen gänzlich abgesehen werden.

Die einfachen festen Seitenbassins sind im Principe in Fig. 6, Taf. LII dargestellt. Es liegt neben der Kammer ein mit wasserdichten Wänden und Boden versehenes und durch einen abschützbaren Canal mit der Kammer verbundenes Bassin. Wird die oberste mit *I* bezeichnete Schicht der Kammer in das Bassin gelassen, so kann nach entleerter Kammer, aber auch nur dann, diese Wassermenge wieder in eine tiefere Lage, als Schicht *III*, in die Kammer zurückgeführt werden. Es ist unter Annahme rein hydrostatischer Ausspiegelung ohne Weiteres klar, dass wenn alles in das Seitenbassin gelassene Wasser wieder in die Kammer zurückgeführt werden soll, die Oberfläche des Bassinwassers höchstens dem tiefsten Stande des aus der Kammer abzulassenden Wassers gleich kommen und dass das in die Kammer zurückgeführte Wasser höchstens die Höhe des Bodens im Seitenbassin annehmen kann. Besitzt also das Seitenbassin eine gleiche horizontale Ausdehnung wie die Kammer, so kann offenbar nur höchstens ein Drittel der Kammerfüllung, d. h. der zwischen Ober- und Unterwasser gelagerten Wassermenge, durch das Seitenbassin aufgenommen und der Kammer

wiedergegeben werden. Besässe dagegen das Seitenbassin eine gegen die Oberfläche der Kammer unendlich grosse Ausdehnung, so würde in dem Bassin nur eine unendlich kleine Höhe zur Anfüllung nöthig sein, folglich auch bei der Wiederanfüllung der Kammer verloren gehen, d. h. es würde theoretisch fast die halbe Kammerfüllung in das Bassin und wieder in die Kammer zurück gelangen können. Bei einem einzigen Seitenbassin wird also zwischen diesen beiden extremen Fällen die Wahl zu treffen sein, wobei leicht durch Rechnung zu finden ist, dass schon bei mässiger Vermehrung (über ein Drittel) der zu ersparenden Wassermenge die Grösse des Bassins erheblich wächst, dass also dieses Mittel sehr kostbar wird.

Günstiger stellt sich die Kostenfrage und zugleich die Grösse der Ersparniss, wenn man nicht eins, sondern mehrere Bassins nebeneinander, also event. zu beiden Seiten der Schleuse herrichtet, und dann nicht eine sehr hohe Wasserschicht der Kammer verhältnissmässig tief hinabfallen lässt, sondern die Wassermenge der Kammer in viele dünne Schichten theilt, dieselben seitwärts mit möglichst kleinem Fallverlust ablagert und dann bei der Wiederfüllung der Kammer diese vielen seitwärts gelagerten Schichten ebenfalls mit kleinstem Gefälle in die Kammer zurückleitet. Bei zunächst angenommener gleicher Oberfläche der einzelnen Bassins wie die der Kammer und bei gleicher Schichtenhöhe wird nach nebenstehender schematischer Fig. 48 die Schicht a durch $a_{\prime}$ nach c, die Schicht b durch $b_{\prime}$ nach d u. s. w. gelangen, so dass bei n Seitenbassins $n + 2$ Schichten in der Kammer nothwendig sind, und daher die Ersparung des Kammerwassers $= \frac{n}{n+2}$ der ganzen Füllmasse ist. Es ist also die Ersparung bei *1* Bassin $= {}^1/_3$, bei *2* Bassins $= {}^1/_2$, bei *3* $= {}^3/_5$, bei *4* $= {}^2/_3$ u. s. w.

Fig. 48.



Will man ausser der grösseren Zahl der Bassins auch die Oberfläche derselben vergrössern, so wird allerdings nach dem Vorigen die Ersparung noch mehr zunehmen, jedoch nicht in dem Maasse, dass der Nutzen dem grösseren Aufwande entsprechen dürfte. Wenn die Fläche der Bassins z. B. doppelt so gross als die der Kammer, die Höhe also entsprechend kleiner genommen wird, so ergiebt sich bei einer Höheneintheilung, in der die Bassinhöhe als Einheit zu Grunde gelegt wird, leicht nach Analogie der vorstehenden Figur 48, dass die grösste Ersparung sein wird $\frac{2n}{2n+3}$, also bei *1* Bassin $= {}^2/_5$, bei *2* derselben $= {}^4/_7$, bei *3* $= {}^2/_3$, bei *4* $= {}^8/_{11}$ u. s. w. Am grössten ist also in den beiden obigen Beispielen der Unterschied bei zwei Bassins, derselbe wird aber bei zunehmender Zahl immer kleiner.

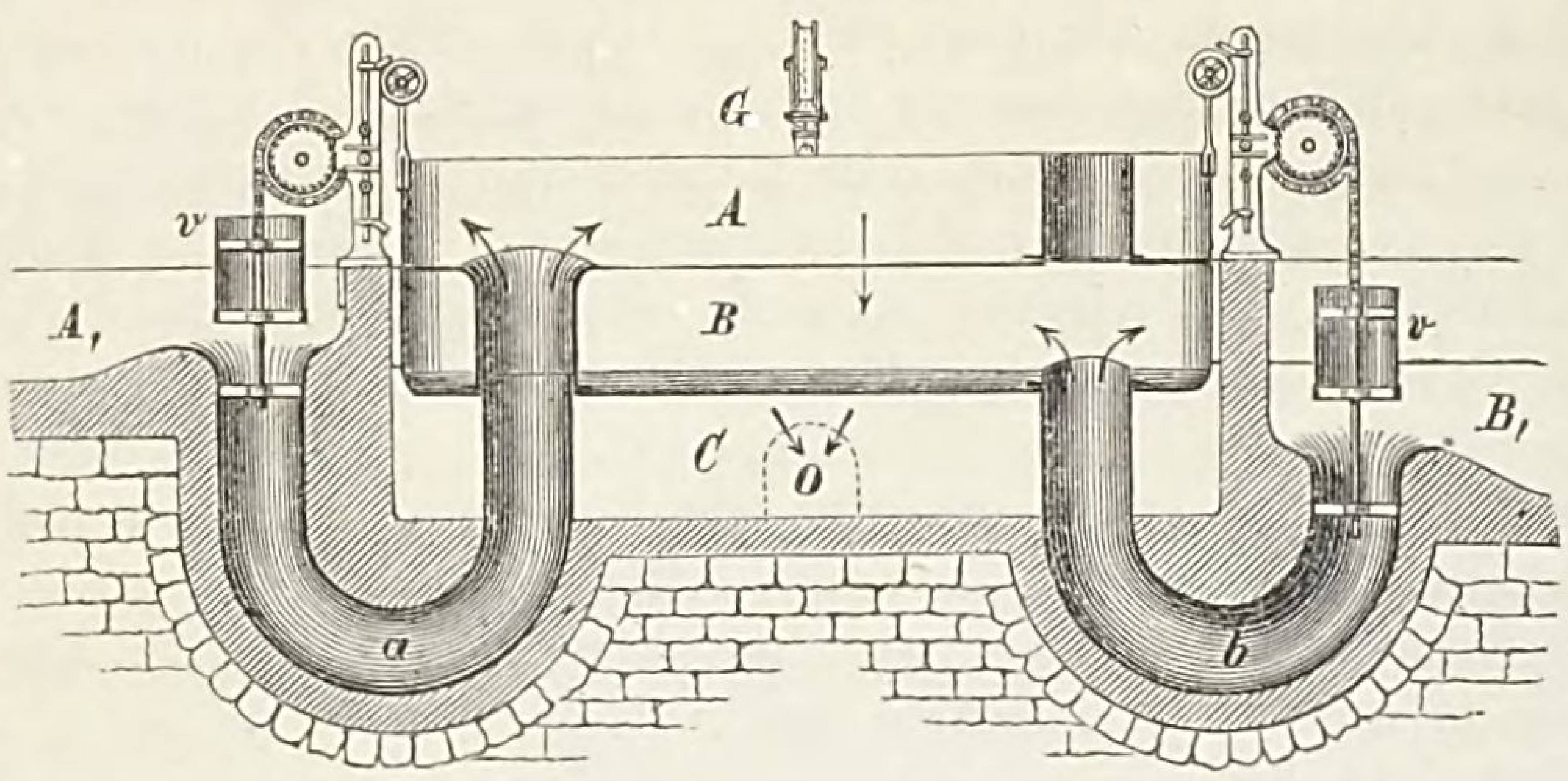
Man hat sich nun in den meisten Fällen mit einem oder zwei Bassins der grossen Kosten wegen begnügt, und schon dabei nicht unerheblich an Wasser gespart. Trotzdem ist im Ganzen nur wenig Gebrauch von den Seitenbassins gemacht, weil ausser den Kosten auch der Zeitverlust durch das langsame Füllen und Leeren in Betracht kommt. Will man aber die völlige Ausspiegelung nicht ganz abwarten, so tritt dadurch wieder eine geringere Ersparung als die theoretische ein. Um die Kosten einer grösseren Anzahl Bassins möglichst klein zu erhalten, würde vorkommenden Falls statt der bislang üblichen massiven Construction, die nicht gestattet die Bassins übereinander zu legen, es in Frage kommen, die Bassins nur durch dünne Eisenblechböden von einander zu trennen und in grösserer Zahl übereinander zu schichten.

Eine unter Umständen praktische Anwendung von Seitenbassins lässt sich ohne merkliche Kostenvermehrung machen, wenn zwei Schleusen nebeneinander liegen, wie dies bei sehr frequenten Canälen zuweilen der Fall ist. Es kann dann durch blosse Verbindung beider Kammern und bei geeigneter Handhabung beider Schleusen fast die halbe Füllmasse der Kammern erspart werden, weil diese nur von der vollen Kammer in die leere gelassen und nicht wieder zurückgeführt zu werden braucht.

Die im Jahre 1845 von Girard[16]) erfundene, freilich nicht praktisch zur Ausführung gebrachte Einrichtung eines Seitenbassins mit Schwimmer oder beweglicher Bassins ist im höchsten Grade sinnreich und verdient trotz längerer Vergessenheit noch sehr der Beachtung. Unter Bezugnahme auf die unten erwähnten Quellen, in denen verschiedene Variationen des Systems

[16]) Rapport et memoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard, Paris 1845. Ueber die Girard'sche Schiffsschleuse mit Schwimmer nach Poncelet, mit einigen Anmerkungen von Crelle. Berlin 1846.

Fig. 49.



enthalten sind, möge hier die nebenstehende Skizze Fig. 49 und nachstehende kurze Beschreibung genügen.

Der durch Gegengewichte *G* völlig ausbalancirte Blechcylinder mit doppeltem Boden hängt wie eine Gasometerglocke mit einem geringen Spielraume in einem gemauerten Brunnen *C*, welcher eine um diesen Spielraum grössere Oberfläche besitzt als die dicht danebenliegende und mit ihm durch eine weite und tiefreichende Oeffnung *O* verbundene Schleusenkammer. Dadurch, dass dieser Blechcylinder nach Belieben gehoben und gesenkt werden kann, wird das Wasser, in welchem er schwimmend eintaucht, bald den Raum des Brunnens bis zur Unterwasserhöhe ausfüllen, bald aber aus diesem Raume in die Kammer bis nahe zur Oberwasserhöhe hinaufgedrückt. Die Hebung und Senkung des Cylinders geschieht aber vermittelst der Verbindung des oberen Raumes *A* mit dem Oberwasser der Schleuse und des unteren Raumes *B* mit dem Unterwasser durch gekrümmte Röhren *a* und *b*, deren äussere Mündungen durch Ventile *v v* geschlossen werden können. Das Ober- und Unterwasser *A*, und *B*, ist durch offene Canäle bis über diese Mündungen jener Röhren geführt. Die inneren Enden der Röhren münden in dem oberen bezw. unteren Cylinderraume ohne jegliche Verbindung mit den betreffenden Böden, wobei sie aber gegen den unteren Boden mit Stopfbüchsen gedichtet sein müssen. Für das mit dem Oberwasser in Verbindung stehende Rohr ist ein den oberen Boden mit dem unteren verbindendes Mantelrohr nothwendig, durch welches das innere Ende des Verbindungsrohres frei hindurchgeht. Damit aus dem unteren Raume bei dem Einlaufen des Wassers die Luft entweichen könne, ist in seiner Decke oder dem Boden des oberen Raumes ein durch diesen hindurch nach oben führender Luftschacht angebracht.

Soll nun bei leerer Kammer das Wasser aus dem Seitenbassin in die Kammer gedrückt werden, so muss zuvor eine Hebung und Entleerung des schwimmenden Cylinders erfolgt sein. Die beiden Böden desselben hängen dann vermöge der Wirkung der Gegengewichte etwa je um 5^{cm} tiefer als das Ober- und Unterwasser, und die Räume selbst sind bei der voraufgegangenen Hebung des Cylinders leer gelaufen. Sobald nun jene beiden Ventile geöffnet werden, können die beiden Räume mit etwa 5^{cm} Gefälle Wasser aus dem Ober- und Unterwasser aufnehmen; hierdurch vergrössert sich das Totalgewicht des Cylinders oder Schwimmers, er sinkt nach unten und drückt das unter ihm befindliche Wasser des Brunnens oder Seitenbassins in die Höhe und in die Schleusenkammer bis er selbst vollgelaufen ist und sich dann auf einen vortretenden Rand des Brunnens setzt. Es nimmt dann das Wasser in dem oberen Raume die Höhe des Oberwassers, das in dem unteren die Höhe des Unterwassers an.

Sobald dieser Stand erreicht ist, befindet sich das in dem Brunnen sowie in der Schleusenkammer in die Höhe gedrückte Wasser noch etwa 5^{cm} tiefer als das Oberwasser. Die Ventile werden nun geschlossen und die Oberthore der Schleuse trotz des geringen Wasserdrucks geöffnet, sodass sich die Kammer um den noch fehlenden Theil gänzlich füllen kann.

Soll dagegen die Kammer entleert, also das Seitenbassin gefüllt werden, so muss zur Hebung des Schwimmers die Verbindung seiner beiden Abtheilungen mit dem Ober- und Unterwasser wieder hergestellt werden. Dazu genügt wieder nur die Oeffnung der Ventile. Denn als sich die Kammer um den Rest von 5^{cm} Höhe füllte, that dies auch das mit ihr stets verbundene Seitenbassin oder der Brunnen. Dadurch aber hebt sich der Schwimmer vermöge seiner Gegengewichte um ebensoviel und lässt dabei sofort aus seinen beiden Abtheilungen Wasser rückwärts in das Ober- und Unterwasser abfliessen. Je mehr dieses Abfliessen zunimmt, desto mehr hebt sich der Cylinder bis endlich alles Wasser aus ihm abgeflossen ist und er seinen höchsten Stand erreicht hat.

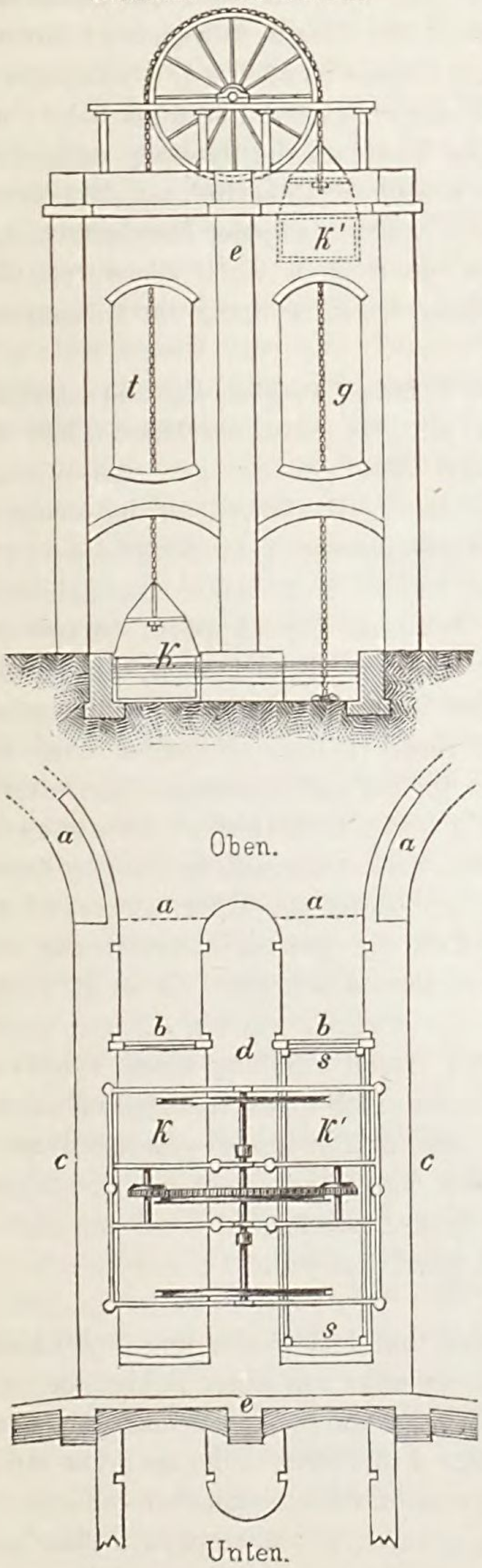
Alsdann steht das Wasser in dem Seitenbassin und der Kammer um 5^{cm} höher als das Unterwasser. Jetzt werden die Ventile wieder geschlossen, die Unterthore der Schleuse geöffnet, das Wasser der Kammer und des Seitenbassins spiegelt sich mit dem Unterwasser aus, dadurch sinkt aber der Schwimmer wieder um 5^{cm} tiefer, um nach Oeffnung der Ventile sofort aufs Neue vollaufen und die Füllung der Kammer aufs Neue veranlassen zu können.

Abgesehen von den etwaigen Verlusten durch Undichtigkeit der Ventile, Stopfbüchsen und der Thore selbst, wird bei jeder Füllung oder Entleerung der Kammer nur die Höhe von etwa 5^{cm} des Füllraumes, oder bei etwa 2^{m} Schleusengefälle $2^{1}/_{2}$ Procent der ganzen Füllmasse aus dem Oberwasser in das Unterwasser oder in die Kammer abgegeben, während im Uebrigen die ganze Füllmasse nur zwischen Kammer und Seitenbassin hin und her gewechselt wird, und ebenso die zur Füllung des Schwimmers dienenden Wassermengen (die Dichtung der Ventile und Stopfbüchsen vorausgesetzt) wieder voll in das Ober- und Unterwasser gelangen, wenn sich der Schwimmer hebt. Diese theoretische Leistung dürfte von keinem anderen Apparate übertroffen werden.

Auf einem völlig anderen Wege wie mit den eben beschriebenen Seitenbassins wird mit Hülfe beweglicher Kammern der Wasserverbrauch der oberen Haltung ermässigt. Es wird sogar unter Umständen statt des Verbrauchs eine Speisung der oberen Haltung bewirkt, sobald nämlich die Güterbewegung an der fraglichen Canalstrecke mehr bergab als bergauf stattfindet. Ausserdem dienen freilich die beweglichen Kammern wohl vorzugsweise dazu, um an einer Stelle ein sehr grosses für eine einfache Schleuse zu bedeutendes Gefälle zu überwinden und die Anlegung mehrfach gekuppelter Schleusen zu umgehen. Sie sind in dieser Beziehung neuerdings in verschiedener Form vorgeschlagen, z. B. um auf Wagengestellen ruhend mit dem in ihnen frei schwimmenden Schiffen eine geneigte Ebene hinaufgezogen zu werden. In dieser Combination sollen sie hauptsächlich die Schwierigkeit überwinden, ein vollbeladenes Fluss- oder Canalschiff ohne Schaden mittelst eines Wagens bergauf oder bergab zu transportiren. Ueber die verschiedenen versuchten und vorgeschlagenen Methoden zur Ueberwindung grosser Gefälle muss hier auf Cap. VI, § 13 und die dort citirten Quellen Bezug genommen werden. Es soll hier nur in Kürze ein sehr gelungenes Beispiel einer senkrechten Hebung der Schiffe in beweglichen Kammern mitgetheilt werden, worüber ausführlicher von Hagen[17]) gesprochen wird. Es ist dies die Anlage im Grand Western Canal, welcher die Themse mit dem Severn verbindet und zum Transport kleiner, 8 Tonnen Kohlen, Kalk u. s. w. ladender und beladen nur thalwärts fahrender Schiffe dient. Das früher durch mehrere Schleusen überwundene Gefälle von etwa 14^{m} ist an einer Stelle, wie die nebenstehende Skizze Fig. 50 zeigt, durch eine senkrechte Mauer *a* mit 2 darin befindlichen Schützen *b* aufgefangen. Diese Quermauer setzt sich bis über das Unterwasser mit zwei Längsmauern *c c* und einer Mittelmauer *d* bis zu einer frei stehenden Quermauer *e* fort. Die Mittelmauer dient zur Unterstützung der 3 Rollen, über welche Ketten hängen, die zu beiden Seiten die beweglichen Kammern *K* und *K'* tragen. In den Zwischenräumen zwischen Mittelmauer und den 2 Seitenmauern bewegen sich nun diese Kammern so, dass wenn die eine bis zum Oberwasser aufsteigt, die andere bis zum Unterwasser sinkt. Die Kammern bestehen aus hölzernen Seitenwänden und Böden, haben vorn und hinten ein in gusseisernen Rahmen laufendes Schütz *s s* statt der Querwände, und können freihängend leicht mit einer dieser Schützen genau vor die betreffende Oeffnung des Oberwassers bezw. des Unterwassers gebracht werden. Sobald dies geschehen, werden die betreffenden Schützen der Kammer und der oberen oder unteren Canalhaltung gezogen und es ist sowohl oben als unten die Verbindung derselben mit je einer Kammer hergestellt, so dass die Schiffe aus- oder einlaufen können. Bei normaler Füllung ist auch selbst nach dem Eintritt eines vollen oder leeren Schiffes in eine oder beide Kammern immer völliges Gleichgewicht zwischen denselben. Um

Fig. 50.

Ansicht von Unten.



[17]) Hagen, Wasserbaukunst. II. Th. 3. Bd. S. 341.

auf leichte Weise eine Bewegung der Kammern in der beabsichtigten Richtung herbeizuführen, genügt zunächst, dass der oben befindlichen Kammer eine geringe Ueberhöhung des Wassers von etwa 1 Tonne Gewicht gegeben wird. Dies geschieht dadurch, dass vermittelst genauer Bestimmung der Kettenlängen die obere Kammer, die mit normaler Füllung von dem Unterwasser aufgestiegen war, mit ihrem Wasserspiegel um etwa 5^{cm} niedriger bleibt als der Spiegel der oberen Haltung. Ausserdem muss freilich das Uebergewicht der die unten befindliche Kammer tragenden Ketten gegen das geringe Gewicht der auf der anderen Seite der Rollen hängenden Tragketten *t t t* ausgeglichen werden, weil sonst im Anfange der Bewegung ein bedeutendes Gewicht zu heben sein würde. Hierzu dienen an der Unterseite der Kammern hängenden und lediglich als Last wirkenden Ketten *g g g* von gleichem Gewichte als jene Tragketten, wodurch in jedem Stand der Kammern, abgesehen von ihrer verschiedenen Wassermenge, Gleichgewicht geschaffen wird. Sobald dann nach Oeffnung der oberen Schützen die Ueberfüllung der oberen Kammer eintritt, beginnt die Bewegung, welche durch einen an der mittleren Rolle befindlichen Bremsapparat beliebig regulirt werden kann. Ausserdem befindet sich daselbst auch ein Zahnkranz mit Getriebe, um nöthigenfalls die Kammern auch ohne Uebergewicht der oberen bewegen zu können.

Wie schon erwähnt gehen die beladenen Schiffe auf diesem Canale abwärts. Die aufsteigende Kammer trägt daher höchstens ein leeres Schiff, nimmt aber oben ein volles auf und giebt daher, abzüglich der Verluste, dem Oberwasser so viel Wasser zu, als dem Gewichte der Ladung entspricht. Diese beträgt im Durchschnitt 8 Tons, der Verlust durch die erwähnte Ueberfüllung der oberen Kammer etwa 1 Ton und der Verlust durch Undichtigkeit der oberen Schützen bei jeder Durchschleusung etwa ebenfalls 1 Ton, so dass danach für die obere Haltung noch ein Gewinn von 6 Tons verbleibt. Dabei beträgt die ganze Dauer einer Durchschleusung und Hebung bezw. Senkung im Ganzen nur 3 Minuten.

Ausser verschiedenen in Modellen versuchten oder nur im Principe vorgeschlagenen Einrichtungen, um mit Hülfe der lebendigen Kraft des fliessenden Wassers entweder einen Theil des Kammerwassers für die nächste Füllung wieder nutzbar zu machen oder gar ein gewisses Wasserquantum aus dem Unterwasser aufzusaugen, hat sich der vor mehr als 10 Jahren an der Schleuse zu Aubois in dem Seitencanal der Loire wirklich ausgeführte und regelmässig gebrauchte Apparat des Marquis de Caligny die grösste Beachtung erworben. Er ist freilich trotz seiner thatsächlichen Leistungen in Deutschland nicht viel mehr als dem Namen nach bekannt. Der Apparat beruht auf dem Gesetz, dass eine in Bewegung gesetzte Wassermenge nicht eher zur Ruhe kommt, als bis der letzte Rest der lebendigen Kraft sich entweder durch Aufsteigen des Wassers über seine hydrostatisch bestimmte Oberfläche oder durch Reibungswiderstände u. s. w. verzehrt hat. Nebenbei wird der Druck der Atmosphäre benutzt um unter einer aufsteigenden, aber im Zufluss begrenzten Wassersäule ein Aufsaugen aus dem Unterwasser zu bewirken. Da es nun, wie leicht nachweisbar, unmöglich ist die Füllmasse der Kammer durch einmaliges continuirliches Ablassen ganz oder auch nur zum grössten Theil vermöge ihrer lebendigen Kraft in einem Seitenbassin bis zur Höhe des Oberwassers wieder aufzufangen, so benutzt der Caligny'sche Apparat nur auf kurze Zeit die grösste Entwickelung der lebendigen Kraft, indem er mit mehrfachen Wiederholungen ruckweise arbeitet. Er ist in dieser Beziehung nahe verwandt mit dem hydraulischen Widder und arbeitet ähnlich wie ein solcher, wenngleich in seiner jetzigen Gestalt noch nicht selbstwirkend. Es wird durch Oeffnung eines Ventils in einer recht langen Röhre zunächst aus dem hohen Wasser der Kammer nach einem niedrigeren Bassin hin ein Strom erzeugt, das Ventil wird plötzlich geschlossen und das in Bewegung gesetzte Wasser durch seine lebendige Kraft gezwungen einen höheren Ausweg nach dem Oberwasser hin zu suchen. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht wird das Spiel erneuert.

Hierzu dienen nun die in Fig. 7 bis 9, Taf. LII dargestellten Einrichtungen.

Dieselben bestehen:

1. aus einem gemauerten, halbkreisförmig überdeckten Canale von $1^m,2$ Weite und $1^m,55$ Höhe bis zum Scheitel; in der Thorkammer des Unterhauptes beginnt derselbe mit einer Sohlentiefe von $1^m,8$ unter dem Unterwasser zugleich mit einer horizontalen Erweiterung von $2^m,7$; er fällt nach dem Oberhaupte hin auf seiner letzten Strecke bis auf etwa $3^m,8$ unter Unterwasserhöhe mit der Sohle hinab, und endet neben dem Oberhaupte mit zwei durch Cylinderventile verschliessbaren Oeffnungen *a* und *b* unter zwei besonderen mit dem Oberwasser und mit einem grossen Seitenbassin in Verbindung stehenden Räumen;

2. aus dem ebenerwähnten Seitenbassin, auch Sparbassin genannt, welches unterhalb der Schleuse aus dem Unterwasser beginnt, bei einer passenden Stelle durch ein Drehthor abgeschlossen werden kann und sich wie sub 1 erwähnt, am oberen Ende bis über die erste Oeffnung *b* des gemauerten Canals erstreckt;

3. aus den zwei über den Oeffnungen *a* und *b* des gemauerten Canals befindlichen, oben und unten offenen Cylinderventilen (siehe § 19, S. 957), welche an Ketten hängen und durch einen Hebel mit Leichtigkeit gehoben werden können. Sie stehen mit ihren unteren Rändern mit Hülfe von Gummi absolut wasserdicht auf den Rändern der Oeffnungen des gemauerten Canals und verschliessen als Ventile diese Oeffnungen, falls nicht etwa ein Wasserstrahl durch sie selbst hindurch und oben aus ihnen heraustritt. Die beiden Ventile, von denen *a* das Oberventil, *b* das Unterventil genannt werden mag, haben nicht gleichen Durchmesser, sondern es muss das Unterventil *b* etwas weiter sein als das Oberventil *a*. Die Weiten sind bei der Schleuse zu Aubois $1^m,48$ und $1^m,40$. Weil die obere Canalhaltung sehr kurz ist, so mussten ungünstigerweise beide Cylinder um 10^{cm} über den normalen Oberwasserspiegel reichen. Die verschiedene Länge hat für die Wirkung der Ventile keine Bedeutung und entspringt aus der nothwendigen Form des gemauerten und am Ende aufwärts gebogenen Canales.

Es ist nun ersichtlich, dass, wenn beide Ventile aufstehen, der Canal am oberen Ende geschlossen ist; dass, wenn man das Oberventil hebt, das Oberwasser in den Canal und dadurch in die Kammer tritt; dass endlich durch Hebung des Unterventils das Kammerwasser mit dem Seitenbassin communicirt. Demnach ergeben sich für den Gebrauch folgende Handlungen:

Soll die Schleuse entleert werden, so wird das Unterventil gehoben. Das Kammerwasser durchläuft den Canal und tritt in das leere Seitenbassin; nach einigen Secunden ist die Geschwindigkeit gross genug, man lässt das Unterventil fallen und das in Bewegung gesetzte Wasser strömt vermöge seiner lebendigen Kraft durch beide Ventile in das Oberwasser. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht wird das Spiel wiederholt, bis die Kammer so weit entleert ist, dass sich keine genügende Geschwindigkeit im Canale mehr bildet. Man kann alsdann entweder einfach durch Hebung des Unterventils den Rest des Kammerwassers in das Seitenbassin und durch dieses in das Unterwasser ablassen, oder aber man kann durch weitere Oscillationen eine fernere Ersparung herbeiführen. Hierzu schliesst man das Drehthor zwischen Seitenbassin und Unterwasser, und hebt dann das Unterventil. Das alsdann aus der Kammer in das Seitenbassin fliessende Wasser nimmt in dem Canal noch eine solche Geschwindigkeit an, dass das Wasser in dem Seitenbassin für kurze Zeit höher steigt, als es in der Kammer fällt; es wird dann im richtigen Augenblick das Unterventil geschlossen, während gleichzeitig sich die Unterthore selbstwirkend öffnen und aus der unteren Haltung soviel Wasser in die Kammer lassen, als deren Stand unter der Höhe des Unterwassers gesunken ist. Das in dem Seitenbassin bis 15^{cm} über Unterwasserhöhe gestiegene Wasser wird später zur ersten Füllung der Kammer wieder verwandt.

Soll die Kammer gefüllt werden, so beginnt man mit dem Einlassen des zuletzt erwähnten Wassers aus dem Seitenbassin, wozu nur die Hebung des Unterventils nothwendig. Es läuft jetzt das Wasser in umgekehrter Richtung wie vorhin in dem Canal, reisst aber durch seine Geschwindigkeit ebenso wieder das Wasser des Bassins in die Kammer und erzeugt dort eine ähnliche Erhöhung und in dem Seitenbassin eine Erniedrigung, welche letztere ebenfalls mit Vortheil aus dem Unterwasser ersetzt wird. Sodann lässt man das Unterventil fallen, hebt dagegen das Oberventil; das Oberwasser strömt durch den Canal in die Kammer, jedoch nur für einige Secunden, weil nach diesen die Geschwindigkeit gross genug ist, um mittelst Senkung des Oberventils und Hebung des Unterventils das Wasser aus dem Seitenbassin aufzusaugen und mit in die Kammer zu führen. Das Seitenbassin befindet sich dabei in offener Verbindung mit dem Unterwasser. Die Kammer füllt sich also zum Theil aus dem Oberwasser, zum Theil aus dem Unterwasser. Auch dieses Spiel wird mehrfach wiederholt bis wiederum die Fallhöhe hierzu nicht mehr ausreicht. Alsdann wird einfach dauernd das Oberventil gehoben und die Füllung aus dem Oberwasser vollendet, durch welche jedoch eine solche Ueberhöhung in der Kammer eintritt, dass sich die Oberthore selbstthätig öffnen.

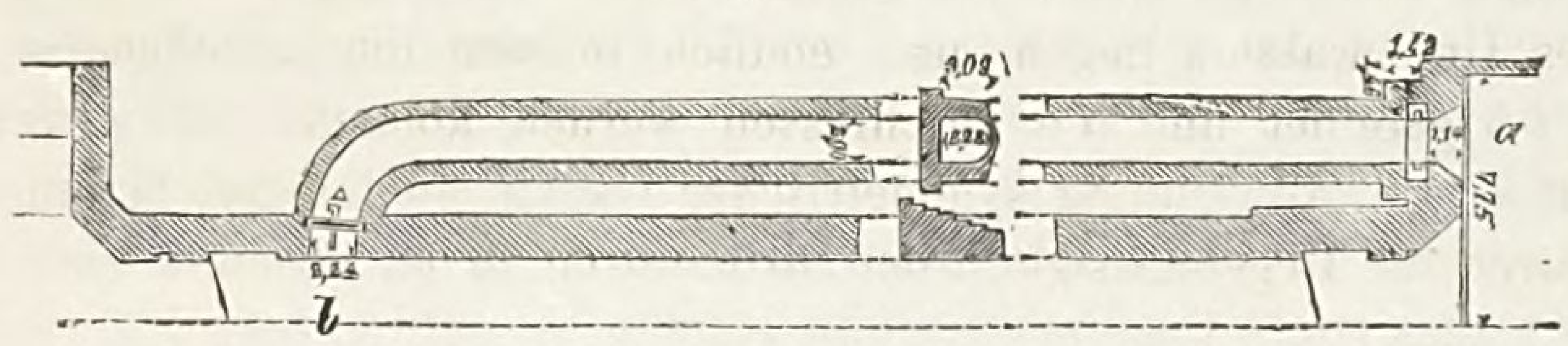
Zu Aubois geschehen 7 bis 8 einzelne Spiele für die Füllung und Leerung der Schleuse innerhalb 5 bis 6 Minuten. Aus zahlreichen Versuchen hat sich ergeben, dass bei der Füllung, ohne Mitbenutzung der Ersparung durch das Seitenbassin, das aus dem Unterwasser gewonnene Wasser sich zu dem aus dem Oberwasser abgelassenen wie 0,41 zu 0,59 verhält, so dass also hierbei die Ersparung etwa $^2/_5$ der ganzen Kammerfüllung ist. Bei der Entleerung gelangt dagegen nur 0,386 des ganzen Volumens in das Oberwasser und 0,614 desselben in das Unterwasser, wenn ebenfalls jene letzte Oscillation zwischen Kammer und Seitenbassin wegfällt. Es wird also dabei etwas weniger als $^2/_5$ gespart, welche Differenz wohl der ungünstigen Ueberhöhung der beiden Ventile über den Stand des normalen Oberwassers zuzuschreiben ist. Während nun jene beiden Ersparungen zusammen 0,796 ausmachen, wird durch Mitbenutzung der Oscillationen zwischen Kammer und Seitenbassin die totale Ersparung bei einmaligem Füllen und Leeren auf 90 Procent der ganzen Füllmasse gebracht. Caligny hat ferner vorgeschlagen seinen Apparat selbstthätig zu machen bis auf die erste vom Schleusenwärter zu gebende Bewegung der Röhren.

Ein Hauptvortheil des Apparates ist ausser der Wasserersparung, dass für etwaige kurze obere Haltungen sehr geringe Schwankungen und an engen Stellen keine heftigen Geschwindigkeiten bei dem Durchschleusen eintreten und dass die Oeffnung der Thore erleichtert wird. Uebrigens dürfte sich empfehlen, bei der Complicirtheit des Apparates noch gewöhnliche Thorschützen anzubringen und würden sich die bedeutenden Kosten wohl etwas durch Vereinfachung der Anlage des Seitenbassins verringern lassen.[18])

Die lebendige Kraft des bewegten Wassers lässt sich, wie schon beiläufig bei der Handhabung des Caligny'schen Apparates erwähnt wurde, ausser zur Ersparung des Oberwassers auch für leichtere Bedienung der Schleuse und bequemeres Aus- und Einfahren der Schiffe verwenden.

Die erste gelungene Anwendung hiervon ist durch den Ingenieur Maus bei den Schleusen zu Herbières und Ath in Belgien gemacht. Die Veranlassung hierzu gab die Schwierigkeit, mit welcher die sehr voll gebauten, bis 250 Tonnen haltenden belgischen Canalschiffe in die nur um ein sehr geringes Maass weiteren Schleusen aus- und einfuhren, indem die beladenen Schiffe sich ähnlich wie der Kolben in einem Cylinder verhielten. Es kam zunächst also darauf an, dem Wasser bei der Einfahrt eines Schiffes einen leichten Ausweg und ebenso bei der Ausfahrt ihm einen Zuweg in den hinteren Theil der Kammer zu gestatten. Hierzu dient bei der Schleuse zu Herbières der in nebenstehender Fig. 51 skizzirte Seitencanal $a\,b$, welcher 2^m breit und $2^m,22$ bis zum Scheitel seines halbkreisförmigen Gewölbes hoch ist.

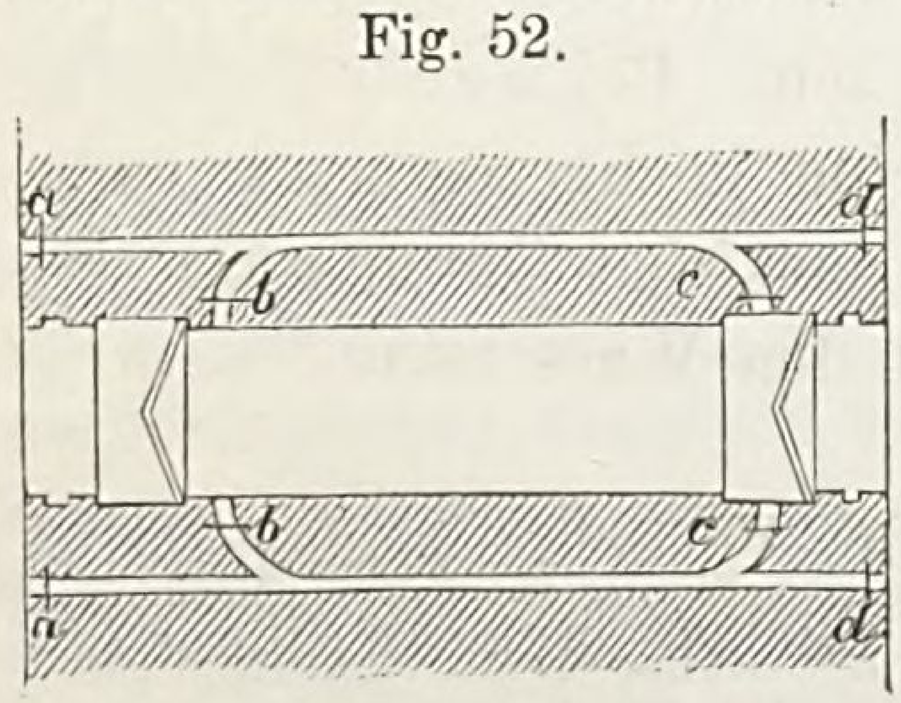
Fig. 51.



Die gradlinige Sohle befindet sich in der Höhe des Oberdrempels und der Scheitel etwas über dem Oberwasserspiegel. An seinem unteren Ende bei b befindet sich das in Fig. 7 bis 9, Taf. LVI dargestellte Drehschütz, welches vom Wärter mit Hülfe einer Schraube bewegt werden kann. Bei der Füllung der Schleuse beginnt man mit der Oeffnung der Thorschützen und öffnet das Drehthor des Seitencanals erst dann, wenn die Spiegeldifferenz auf etwa $0^m,5$ herabgesunken ist. Es füllt sich alsdann nicht nur rasch die Kammer, sondern es öffnen sich durch die entstandene Ueberhöhung des Kammerwassers die Oberthore und das etwa in der Kammer befindliche Schiff wird sanft aus derselben in die obere Haltung getrieben. So nothwendig die grosse Länge und Weite des Seitencanals zur Erzeugung einer wirksamen lebendigen Kraft ist, so darf doch nicht bei einem grösseren Gefälle als dem genannten von $0^m,5$ die Bewegung erfolgen, weil sonst eine zu heftige Bewegung in der Kammer entstehen und der Wärter nicht Herr über das Drehthor bleiben würde. Nach der Ansicht des Erfinders würde aber ausser einer etwas grösseren Weite des Seitencanales noch die Anbringung eines Schützes in dem grösseren Flügel des Drehthores zweckmässig sein, um jederzeit mit Leichtigkeit das Thor beherrschen zu können.

Bei der Schleuse zu Ath, welche vorzugsweise von beladen zu Berg fahrenden Schiffen passirt wird, kommt es umgekehrt darauf an die aus dem Unterwasser kommenden Schiffe leicht in die Schleuse einfahren zu lassen. Zu dem Zwecke geht ein ähnlicher Seitencanal von dem oberen Ende der Kammer nach dem Unterwasser, um nach seiner Oeffnung das Wasser in der Kammer so zu erniedrigen, dass das Unterwasser die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineindrängen muss. Nach den Angaben Lagrené's[19]) hierüber scheint die Tiefe des Seitencanales jedoch nicht zu genügen.

Fig. 52.



Von demselben Schriftsteller wird nun zur Erlangung der meisten Vortheile die folgende in der nebenstehenden Skizze Fig. 52 dargestellte Anordnung empfohlen:

An jeder Seite der Schleuse geht ein Längscanal ganz vom Oberwasser bis zum Unterwasser. Dicht hinter dem Oberthore und vor dem Unterthore verbindet ein sanft gekrümmter Quercanal die Kammer mit den beiden Längscanälen. Sämmtliche

[18]) Näheres über die Einrichtung und die Theorie des Apparates siehe Lagrené, Cours de navigation intérieure, III. Bd., Annales des ponts et chaussées (März 1869). Journal de mathématiques de Liouville (1838). Comptes-rendus de l'Academie des sciences 1872/73.

[19]) Lagrené, Cours de navigation intérieure, III. Bd., S. 126.

Quercanäle und Enden der Längscanäle müssen durch Schützen *a a*, *b b*, *c c*, *d d* leicht abzusperren und zu öffnen sein. Um dann die leere Kammer zu füllen und ein von unten gekommenes Schiff in die obere Haltung zu lassen, werden die Schützen *b b* und *d d* geschlossen, *a a* und *c c* geöffnet. Das Wasser der Kammer überhöht sich, öffnet die Oberthore und treibt das Schiff aus der Kammer. Um in die leere Kammer aus dem Unterwasser ein Schiff hineinzulassen, schliesst man zuerst die Quercanäle, lässt durch die offenen Längscanäle eine kurze Zeit lang den Strom vom Oberwasser nach dem Unterwasser laufen, schliesst dann rasch die Schützen *a a* und öffnet *b b*; alsdann reisst der Strom im Längscanal durch Ansaugung das Wasser aus der Kammer, wodurch sich die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineingezogen wird.

Um dagegen aus der vollen Kammer ein Schiff ins Unterwasser zu lassen, werden die Schützen *a a* und *c c* geschlossen; das Wasser in der Kammer erniedrigt sich unter den Unterwasserspiegel und die Unterthore öffnen sich; es müssen dann aber die Schützen *b b* geschlossen und die Schützen der Oberthore geöffnet werden um nach dem Aufhören des Kreislaufes eine mässige Oberwasserströmung zum Hinausdrücken des Schiffes in das Unterwasser zu erzeugen. Ebenso kann durch Oeffnen der Schützen in den Unterthoren nach Oeffnung der Oberthore ein Schiff aus der oberen Haltung in die Kammer gezogen werden.

Damit alle diese Vorgänge gelingen, müssen die sämmtlichen Canäle lang und weit genug sein, um der bewegten Wassermenge die nöthige lebendige Kraft zu geben. Ausserdem müssen sie mit ihrem Querschnitt unter dem Spiegel des Unterwassers liegen, und endlich müssen die betreffenden Schützen fast gleichzeitig bedient, z. B. *b b* geöffnet und *a a* geschlossen werden können. Es wird diese Forderung allerdings sehr erschwert durch Anwendung symmetrischer Canäle auf beiden Seiten der Schleuse, wogegen andererseits hierdurch die Regelmässigkeit der Strömungen in der Kammer zum Vortheil der Schiffe sehr vermehrt wird.

§ 21. Nebenanlagen. (Signale, Erleuchtung, Brücken, Schleusenwärterwohnungen.) Je stärker der Betrieb einer Schleuse, desto vollständiger muss dieselbe mit gewissen Vorkehrungen zur Sicherheit desselben ausgestattet sein, weil die Gefahr des gegenseitigen Anstossens der Schiffe eine grössere wird und ausserdem die Zeit um so intensiver ausgenutzt werden muss. Es ist also bei möglichst grosser Geschwindigkeit aller Bewegungen und der Benutzung auch der dunkleren Tagesstunden, vielleicht gar der Nacht, eine genügende Sicherheit der Schiffe und der Schleusenthore zu fordern. Dennoch sind Signalvorrichtungen nur ausnahmsweise im Gebrauch, weil im Allgemeinen die Schiffer sowie auch das Schleusenpersonal meistens rechtzeitig genug die gegenseitigen Verhältnisse übersehen und ihre Maassregeln danach treffen können. Bei frequenten Canalschleusen empfiehlt sich trotzdem, den sich der Schleuse nähernden Schiffen ein Zeichen zu geben, ob sie ohne anzuhalten in die Schleuse einfahren können, oder ob sie etwa nur bis zu einem gewissen Punkt fahren dürfen, um anderen aus der Schleuse kommenden Schiffen genügenden Platz zu lassen. Hierzu würden in den meisten Fällen die gewöhnlichen optischen Signale der Eisenbahnen völlig ausreichen und nur bei besonders schwierigen Umständen electrische Glockensignale zu verwenden sein. Bei Seeschleusen, namentlich Dockschleusen, wird gewöhnlich durch eine hochgezogene Scheibe u. s. w. den von aussen kommenden Schiffen angezeigt, dass das Durchfahren gestattet ist, sofern nicht etwa noch besondere Rücksicht auf den Wasserstand zu nehmen sein wird.

Eine Erleuchtung der Schleusen findet, soweit sie des Verkehrs wegen nöthig, in einfacher Weise so statt, dass durch Laternen, die möglichst nahe an der Uferkante stehen müssen, wenigstens die Thore der Schleuse und die Einfahrten genügend beleuchtet sind. Die etwaige Kammer bedarf keiner Erleuchtung. Ein gutes Beispiel giebt Fig. 11, Taf. LI von der Geestemünder Schleuse, wobei alle Thore von beiden Seiten beschienen und auch die Einfahrten genügend erhellt sind. Die Laternen

stehen in diesem Falle auf den Gehäusen der Winden, so dass auch diese selbst völlig beleuchtet sind.

Für die äusseren Einfahrten der Seeschleusen gelten die in Cap. XVII und XVIII specieller besprochenen Anordnungen. Es ist namentlich durch die Stellung der verschiedenen Lichter den Schiffen die Fahrrichtung anzugeben, damit lange vorher diese die Einfahrt selbst erkennen können.

Brücken sind verhältnissmässig selten über Schleusen angebracht. Bei Canalschleusen sind es gewöhnlich feste Brücken, weil die Canalschiffe fast stets ohne Mast oder nur mit einem kleinen für den Leinenzug bestimmten und leicht niederzulegenden Mast fahren. Die feste Brücke liegt unbedingt am besten am Unterhaupte und über dem Unterwasser, um ohne künstliche Erhöhung möglich viel Spielraum zu gewähren. Unter Umständen muss aber die Brücke ein höheres Auflager haben als das der Unterhauptsmauern. Bei der Fig. 1, Taf. L trifft es günstig zusammen, dass die Mauern des Unterhauptes wegen des durch die untere Thoranlage abzuhaltenden äusseren Hochwassers eine grössere Höhe als die Mauern der Kammer erhalten haben, so dass etwa eine lichte Höhe von $3^m,3$ zwischen Unterwasser und Brückenunterkante bleibt. Diese Höhe dürfte nur ausnahmsweise zu überschreiten sein.

Sobald die Brücke beweglich wird, ist die Stelle derselben von den Wasserverhältnissen fast unabhängig. Es richtet sich dann nach der Anordnung und Construction der Brücke, wo sie am besten Platz findet. Für alle kleineren Schleusen verwendet man der geringen Kosten wegen meistens Portal-Klappbrücken mit zwei in der Mitte zusammenschlagenden Klappen. Bei grösseren Schleusen, etwa von über 8^m Weite, sind Drehbrücken vorzuziehen, weil diese dann constructiver und leichter zu bedienen sind. So lange es ohne schwerfällige Construction geht, sollten sie einflügelig genommen werden, wie z. B. nach Fig. 15, Taf. L. Erst bei grösseren Weiten von etwa 13^m aufwärts wird es zweckmässiger zweiflügelige Drehbrücken anzuwenden, deren beide losen Ende dann ähnlich wie bei den Klappbrücken sich gegeneinanderstemmen und ausserdem durch bewegliche Streben unterstützt sein müssen. Diese Streben legen sich bei der Drehung in geeignete Nischen. Solche bewegliche Brücken sind jedoch nicht mit einer horizontalen Oberfläche herzustellen und in der Regel nur für geringen Verkehr bestimmt. Wo dagegen, wie bei mehreren neueren Docks in London ein bedeutender Verkehr und sogar eine mit Locomotiven betriebene Eisenbahn hinüberzuführen ist, muss die Brücke als einflügelige Drehbrücke oder als Rollbrücke construirt werden. So ist z. B. bei den Millwall-Docks in London über einer Schleuse eine $43^m,2$ lange, $22^m,5$ lichte Oeffnung gebende und eine Locomotivbahn tragende Rollbrücke angebracht, welche 260 Tonnen wiegt und mit Hülfe einer hydraulischen Vorrichtung (2 Cylinder zum Hin- und Herschieben mit 4facher Uebersetzung und 2 Cylinder zum Anheben der Brücke an der festen Auflagerseite) in einigen (2 bis 3) Minuten geöffnet oder geschlossen wird.

Indem die Constructionen der Brücken hier nicht weiter zu besprechen sind, mag noch auf § 16 (Pontonbrücken) verwiesen werden.[20])

Was endlich die Wohnungen der Schleusenwärter anlangt, so sind dieselben nach der Zahl der Wärter und nach den örtlichen Verhältnissen einzurichten.

[20]) Wegen der Einzelnheiten der beweglichen Brücken vergl. Cap. XV des II. Bandes.

In der Regel müssen es Familienwohnungen sein, weil die Schleusen zu weit von den übrigen Wohnungen entfernt liegen, und weil der Wärter nicht an bestimmte Stunden gebunden ist, sondern fortwährend in der Nähe der Schleuse bleiben muss. Bei kleineren Canälen, namentlich in Holland, pflegen die Wohnungen sogar zu einem Wirthshausbetrieb eingerichtet zu sein, wobei entsprechend der Gehalt des Wärters verkürzt wird.

§ 22. **Betrieb und Unterhaltung.** Bei dem Betrieb der Schleusen ist vor allen Dingen im Auge zu behalten, dass dieselben möglichst uneingeschränkt dem Verkehre zu dienen haben, und dass fast jede Beschränkung zum Nachtheile von Handel und Industrie gereicht. Es ist also dahin zu streben, jedes Schiff so rasch wie möglich hindurchzulassen und zwar nicht allein am Tage, sondern auch bei Nacht. Da ferner der Schiffahrtsbetrieb, als der eines freien Gewerbes, getrennt ist von dem Besitz und dem Betriebe der baulichen Einrichtungen für die Schiffahrt, so wird man in den meisten Fällen unbedingt verzichten müssen, aus den von den Schiffen zu leistenden Abgaben allein eine directe Verzinsung der baulichen Anlagen zu erzielen. Denn die geringwerthigen Massengüter, auf welche die Binnenschiffahrt angewiesen ist, vertragen keine hohe Schleusengebühr. Nur die auch die werthvollsten Güter befördernde Seeschiffahrt könnte hohe Abgaben tragen, wenn nicht in Folge der Concurrenz der verschiedenen Häfen diese wieder möglichst niedrig gehalten werden müssten.

Es ist nach diesen kurzen Andeutungen eine sehr schwierige Aufgabe, die zweckmässigste Höhe der Abgaben zu bestimmen; doch liegt dieselbe zum kleinsten Theile dem Ingenieur zur Lösung vor. Es ist jedoch dessen Sache, genau die Kosten des Betriebes der baulichen Anlagen zu ermitteln und sowohl für möglichste Kleinheit derselben, als aber auch für möglichste Leichtigkeit des Verkehres zu sorgen. In letzterer Beziehung wird aber von Seiten technischer Beamten noch oft gesündigt, indem sie nur die kurze Rücksicht auf die Sicherheit, vielleicht gar auf die Bequemlichkeit der Unterhaltung nehmen, jedoch das Interesse des Verkehres ignoriren.

Die bedeutendsten Kosten für den Betrieb der Schleusen verursacht die Wartung. Wo der Betrieb ein schwacher, da müssen auch die Kosten für Wartung auf das Minimum gedrückt werden. So kommt es bei einigen Schleusen, namentlich in Moorcanälen Hollands und Ostfrieslands vor, dass die Schiffer selbst gezwungen sind die Schleuse zu bedienen. Bei werthvolleren Schleusen pflegt jedoch mindestens ein Wärter angestellt zu sein. Erst wenn der Verkehr eine grössere Intensität annimmt, so dass es wirklich für die Schiffe von Bedeutung ist rasch durchgeschleust zu werden, wird dem Wärter noch ein Gehülfe beigegeben. Denn es ist bei Canalschleusen augenscheinlich, dass die Arbeiten zum Oeffnen und Schliessen der Thore und die Bedienung der Schützen von 2 Mann in weniger als der Hälfte Zeit geschehen kann, welche 1 Mann hierzu nöthig hat, weil erstere gleichzeitig auf beiden Ufern arbeiten können, letzterer aber genöthigt ist, nach der Leistung auf dem einen Ufer erst auf einem Umwege (über die Laufbrücken) nach dem anderen Ufer zu gehen und dann die gleiche Leistung dort zu verrichten.

Sobald nun der Verkehr derartig ist, dass auch bei Nacht durchgeschleust werden muss, so wird bei starker Anstrengung der Wärter ein doppeltes Personal zu halten sein. Bei Canalschleusen ist jedoch in der Regel der Verkehr nur auf die Tagesstunden beschränkt, obwohl bei geeigneten Vorkehrungen auch recht gut ein

Nachtbetrieb eingeführt werden könnte. Bei Seeschleusen dagegen pflegt fast stets auch bei Nacht durchgeschleust zu werden, weil die Schiffahrt von der täglich sich ändernden Zeit der Ebbe und Fluth abhängig ist und nicht zeitweilig nur auf eine Tagestide beschränkt werden darf. Es hängt jedoch von vielen einzelnen Umständen ab, wie stark das Personal bei jeder einzelnen Schleuse sein muss, da die Arbeiten in dem einen Falle für kurze Zeit sehr intensiv sind und eine grosse Zahl Arbeiter nebeneinander verlangen, im anderen Falle sich gleichmässiger auf den ganzen Tag vertheilen. Es sei zum Schluss hierüber als Beispiel angeführt, dass die 4 Schleusen in Bremerhafen im Ganzen ausser einem oberen Schleusenmeister 14 Wärter erfordern, davon 2 für die Schleuse des alten Hafens, 6 für die des neuen Hafens, 4 für die des Kaiserhafens und 2 für die Verbindungsschleuse zwischen den beiden letztgenannten Häfen. Es sind dabei diese Wärter zweimal des Tages etwa 1 bis 2 Stunden vor jedem Hochwasser angestrengt thätig, wogegen sie in der übrigen Zeit nur geringere Leistungen zu beschaffen haben.

Bei allen Durchschleusungen ist es Regel, dass das Schleusenpersonal nur die beweglichen Theile der Schleuse bedient und ausserdem etwa die zur Fortbewegung eines grossen Schiffes nöthigen Taue der Schiffsmannschaft zuwirft oder von dieser empfängt und an den am Ufer befindlichen Winden oder Landpfosten befestigt. Das Drehen der Winden liegt dagegen dem Schiffsvolk ob. Die Schleusenwärter müssen dabei die Bewegung des Schiffes sorgfältig beobachten, keine zu grosse Geschwindigkeit gestatten und etwaige Berührung des Schiffes mit den Seitenwänden der Schleuse durch sog. „Fender“ unschädlich zu machen suchen. Diese Fender hängen bei kleinen Schleusen oft an bestimmten Punkten z. B. in den Dammfalzen und bestehen dann nur aus einem cylindrisch runden Holze. Bei grossen Schleusen, wo die Berührung fast an jedem Punkte möglich, müssen jedoch die Fender je nach Bedürfniss vorgehalten werden und bestehen dann meist aus leichten, aber festen und elastischen Ballen von mit Segeltuch und Stricken zusammengeschnürten Korkstücken.

Bei allen Seeschleusen muss ferner der Schleusenmeister bestimmen, ob schon die rechte Zeit für die Durchschleusung eines Schiffes gekommen, ob namentlich der nöthige Wasserstand hierfür vorhanden ist. Er muss dazu den letzteren mit dem Tiefgang des Schiffes vergleichen. Bei Dockschleusen muss dann mindestens ein Spielraum von 15^{cm}, besser von 25^{cm}, vorhanden und das Wasser aussen noch im merklichen Wachsen begriffen sein. Kurz vor Hochwasser oder gar bei fallendem Wasser darf kein grösseres Schiff mehr durchgeschleust werden, weil die Gefahr des Festsitzens in der Schleuse für das Schiff und den ganzen Hafen zu gross sein würde. Denn eine jede Durchschleusung erfordert etwa 10 bis 20 Minuten Zeit und in dieser kann unter Umständen schon ein merkliches Fallen eintreten.

Wo nicht durch andere Beamten, z. B. Hafenmeister u. s. w. die Erhebung der Schleusengebühren, die Notirung der durchgeschleusten Schiffe und ihrer Ladungen u. s. w. geschieht, haben die Schleusenwärter auch dieses zu besorgen. Ausserdem werden sie zweckmässiger Weise zu einer tabellarisch vorzuschreibenden Notirung aller auf den Schiffahrtsbetrieb Bezug habenden Erscheinungen, wie der Wasserstände, der Witterungsverhältnisse u. s. w. zu verpflichten sein.

Ueber die Unterhaltung der Schleusen sei kurz zunächst die Nothwendigkeit betont, dass alles Mauerwerk stets in dichten Fugen erhalten werden muss, wozu mindestens einmal jährlich etwa im Frühjahr ein sorgfältiges Nachfugen aller etwa

ausgefrorenen Fugen zu geschehen hat. Ferner erfordern die Thore besonders in ihrer Beweglichkeit grosse Aufmerksamkeit, weil andernfalls bedenkliche Zerstörungen eintreten können. Sodann empfiehlt es sich, Holzthore jährlich nach trockenem Wetter mit gutem Holztheer soweit hinunter als möglich zu theeren, das Eisenzeug aber mit Steinkohlentheer zu überstreichen. Eiserne Schleusenthore, namentlich doppelwandige, werden im Inneren wie von Aussen ebenfalls am besten mit Steinkohlentheer gestrichen, weil dieser selbst bei einer geringen Feuchtigkeit haftet, während Oelfarbe leicht sich loslöst. Um im Innern das Thor zu erwärmen, werden am besten erhitzte Ziegelsteine hineingebracht. Für die ausserordentlichen Unterhaltungsarbeiten wie z. B. Aushängen und Einbringen der Thore u. s. w. lassen sich nicht allgemeine Regeln aufstellen.

Literatur.

Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. 3. Aufl. Berlin 1869.
Storm Buysing. Waterbouwkunde. 1864.
Lagrené. Cours de navigation intérieure. Paris 1873.
Malézieux. Travaux publics des États-Unis d'Amérique. Paris 1873.

XVII. Capitel.

Seehäfen.

Bearbeitet von

L. Franzius, und G. Franzius,
Oberbaudirector in Bremen. Marine-Hafenbaudirector in Gaarden bei Kiel.

(Hierzu Tafel LVII bis LXV und 50 Holzschnitte).

§ 1. Allgemeine Erfordernisse eines Seehafens. Nach den verschiedenen allgemeinen Zwecken, denen ein Hafen vorzugsweise oder ausschliesslich dienen soll, sind auch die einzelnen Erfordernisse jedes Hafens verschieden. Diese Verschiedenheit erstreckt sich jedoch besonders auf die Ausstattung im Inneren und ist in technischer Beziehung bei Weitem nicht so bedeutend als die Gleichheit der allgemeinen Anforderungen. Um das ganze Gebiet des Hafenbaues übersichtlich zu schildern, möge in Kürze und thunlichst in der Reihenfolge der nachstehenden Capitel eine Besprechung der allgemeinen Erfordernisse jedes Hafens mit Erwähnung einzelner besonderen Bedürfnisse vorangehen.

Die wichtigste Forderung an jeden Hafen ist, dass er entweder jederzeit eine leichte und sichere Ein- und Ausfahrt gewähre oder wenigstens, wenn dies zeitweilig nicht möglich, den Schiffen einen sicheren Ankerplatz oder eine Reede biete, auf welchem sie die günstige Zeit des Ein- oder Auslaufens abwarten können. Denn wenn auch ein gutes und gutgeführtes Schiff auf dem freien Meere den meisten Gefahren gewachsen sein, den schlimmten aber aus dem Wege gehen soll, so muss es zum Anlaufen des Hafens in der Nähe der Küste zeitweilig den grössten Gefahren entgegengehen und ist endlich im Zustande der Ruhe, d. h. wenn nicht unter Dampf oder Segel, gewissermaassen selbst wehrlos. Es ist statistisch nachgewiesen, dass trotz aller Sorgfalt, welche in neuerer Zeit grade einer grösseren Sicherung des Ein- und Ausfahrens gewidmet wird, etwa $^1/_5$ bis $^1/_4$ aller Schiffbrüche in der grössten Nähe der Häfen stattfinden.

Fast nie liegt ein Hafen so unmittelbar am offenen und tiefen Meere, dass die Schiffe dicht ausserhalb des Hafens einen beliebigen Kurs steuern könnten, sondern es wird von ihnen fast stets auf eine längere oder kürzere Strecke ein bestimmter Weg in dem sog. Fahrwasser innegehalten werden müssen. Je kürzer, grader, breiter und tiefer ein solches Fahrwasser ist, desto günstiger liegt der Hafen

zur See. Ist dasselbe aber lang, gewunden, an einzelnen Stellen durch Sandrücken und Felsen beengt, oder durch zu überfahrende Riffe und Barren verflacht, so wachsen die Gefahren unter Umständen derartig, dass die Schiffe bei einem Sturme ohne die grösste Noth die Aus- oder Einfahrt nicht riskiren. Es sind alsdann die aus See kommenden Schiffe wohl genöthigt, tagelang in der offenen See, möglichst fern von der Küste, zu kreuzen oder gar einstweilen einen andern Hafen anzulaufen, sowie umgekehrt die im Hafen liegenden Schiffe gezwungen sein können die günstige Zeit des Auslaufens abzuwarten. Im ersteren Falle kann eine genügend geschützte Reede das Uebel sehr verringern.

Auf dieser, aber mehr noch im eigentlichen Hafen muss das in Ruhe befindliche Schiff vor jeder nachtheiligen Wellenbewegung und Strömung sowie vor dem Treiben starker und harter Eismassen geschützt sein. Auf der Reede befindet sich das Schiff ausserdem nur activ in Ruhe, passiv dagegen oft noch durch Wind und Strömung in Bewegung, welcher dann durch die Wirkung des Ankers eine gewisse Grenze gesetzt werden muss. Im eigentlichen Hafen dagegen, zumal wenn es seine Ladung abgiebt oder empfängt, d. h. löscht (ursprünglich und richtiger „lösst") oder ladet, ist eine fast völlige Bewegungslosigkeit erforderlich. Hierzu dient sowohl eine auch bei Sturm nur leicht bewegte Wasserfläche als daneben eine directe Befestigung des Schiffes an dem künstlichen Ufer.

Es sei hier schon bemerkt, dass gewisse Häfen nicht auch regelmässig zum Löschen und Laden oder zur Vermittelung des Handels dienen, so z. B. die sog. Zufluchtshäfen, die Quarantainehäfen u. s. w. Da jedoch auch in solchen Häfen beschädigt eingelaufene Schiffe ganz oder theilweise entlöscht werden müssen, und weil ausserdem fast stets im Laufe der Zeit in diesen Häfen sich ein wenn auch nur geringer Handel entwickelt, so ist es unnöthig, dieselben besonders zu betrachten. Der Unterschied in den Anforderungen besteht eben nur darin, dass die inneren Einrichtungen in weit geringerem Maasse ausgebildet zu sein brauchen. Als Zufluchtshafen kann unter Umständen eine von hohen Felsen umschlossene, vom übrigen Lande kaum zugängliche Bucht oder Bai dienen, in welcher die Schiffe jederzeit Zugang finden und vor Stürmen geschützt liegen können. An Küsten, welche auf grossen Entfernungen keine eigentlichen Häfen besitzen, werden neuerdings wohl künstlich derartige Häfen angelegt. Die sog. Fischerhäfen müssen dagegen, obgleich sie nur für kleinere Fahrzeuge zugänglich sind und nur einseitigen Zwecken dienen, als wirkliche Verkehrshäfen angesehen werden. Ebenso verdienen die an geeigneten Punkten der grossen Oceane angebrachten sog. Kohlenstationen und endlich die Kriegshäfen keine besondere Betrachtung hinsichtlich der allgemeinen Erfordernisse.

Den in den §§ 4 und 5 näher zu besprechenden Anforderungen der Sicherheit gegenüber stehen nun die hinsichtlich des eigentlichen Zwecks der Schiffahrt und des Handels ebenso wichtigen Forderungen für die rascheste und zweckmässigste Be- und Entladung sowie für die billigste und solideste Ausrüstung und Reparatur der Schiffe. Wenn es vor ein bis zwei Jahrzehnten fast allenthalben genügte, dass ein Schiff im Hafen geschützt lag und mit den an Bord befindlichen einfachen Vorrichtungen seine Ladung an andere kleine Fahrzeuge (Leichter, Schuten, Prahmen u. s. w.) abgab oder von diesen empfing, wie z. B. selbst in Hamburg bis etwa zum Jahr 1866, wenn ferner überhaupt zur Be- und Entladung nur die menschliche Kraft benutzt wurde, so hat man in neuester Zeit in solchen Häfen, wo es nicht an Intelligenz und Capital gemangelt hat, überall die vollkommensten Maschinen

hierzu angewandt. Es werden jetzt grosse Dampfer von über 1000 Tonnen in einigen Tagen ebenso rasch be- und entladen als früher kleine Segelschiffe von 100^{T}, und es gelangen dabei die Güter jetzt entweder gleich in geeignete Speicher oder in die zur sofortigen Abfuhr bereit gehaltenen Eisenbahnwagen, während sie früher oft wochenlang am Ufer lagerten. Ein zusammenhängendes System von vollkommenen, auf die billigste Weise betriebenen Lösch- und Ladevorrichtungen, von Schuppen zum vorläufigen Sortiren, Wägen u. s. w. oder von Speichern zur dauernden Lagerung und endlich von Gleisen zur raschen An- und Abfuhr ist heutzutage von einem gut eingerichteten Hafen unzertrennlich. Wo der Verkehr ein mannigfaltiger, werden verschiedene Abtheilungen des Hafens verschiedenen Zweigen des Handels dienen, es wird der Export vom Import geschieden, die Waare nach ihrer Verwandtschaft oder nach ihrer weiteren Bestimmung zusammengehalten, gefährliche Stoffe wie Petroleum, Terpentin werden abgesondert gelöscht und gelagert und endlich muss oft mit Rücksicht auf die bestehenden Zolleinrichtungen des Landes das in dasselbe sofort einzuführende und daher sogleich zu verzollende Gut getrennt werden von demjenigen, über welches der Kaufmann erst nach einiger Zeit definitiv verfügen, für dasselbe also nicht unnütz den Betrag des Zolles verausgaben will. In letzterem Falle entstehen die von den übrigen dem freien Verkehr dienenden Hafenanlagen getrennten und unter Zollbewachung stehenden sogen. zollfreien Niederlagen oder Entrepots.

Die Anstalten für Reparatur und sonstige Ausrüstung der Schiffe dürfen in keinem eigentlichen Verkehrshafen fehlen, weil fast nach jeder Reise die Schiffe einer gewissen Reparatur bedürfen (siehe Cap. XIV, § 27 bis 32). Es würde ein Handelshafen ohne solche Anstalten von allen Schiffen möglichst gemieden werden oder besonders theuere Frachtsätze für die dorthin bestimmten Schiffe verursachen, weil z. B. ein beschädigt eingelaufenes Schiff es nur mit grösster Gefahr wagen dürfte, unreparirt wieder auszulaufen. Es sind deshalb in den §§ 15 und 16 alle hierhin gehörigen Anstalten näher besprochen.

Die Anstalten zum Bau neuer Schiffe gelten nur bei Kriegshäfen als nothwendiges Zubehör, während sie bei Handelshäfen keineswegs unbedingt erforderlich sind und oft ganz fehlen. Da jedoch die in Händen von Privaten befindlichen Anstalten zur Reparatur es oft vortheilhaft erscheinen lassen, auf oder neben denselben auch neue Schiffe zu erbauen und dann wenigstens die Lage und allgemeine Anordnung solcher Anstalten der Beurtheilung des Hafenbau-Ingenieurs unterliegt, so sind dieselben im § 15 soweit als nöthig mit behandelt.

Wenn aber auch alle bis jetzt aufgezählten Erfordernisse im vollsten Maasse vorhanden sein sollten, so ist zwar der Hafen, aber nicht auch schon der Hafenverkehr oder der Handel gesichert. Dieser hängt, wie bereits im Cap. XV, § 9 ausgeführt wurde, im höchsten Maasse von der geographischen Lage des Hafens zu dem Hinterlande ab. Es giebt ausnahmsweise Häfen, welche nur als sogen. Stapelplätze benutzt werden und kein eigentliches Hinterland haben, so z. B. einstweilen die Häfen des Suez-Canales und die am Isthmus von Panama liegenden Häfen. Diese dienen gewissermaassen als Stationen eines grösseren Verkehrsweges, an welchen nur die Transportmittel gewechselt werden. Für einen eigentlichen Handelshafen ist aber ein bestimmtes Hinterland die unerlässlichste Bedingung. Mit der Grösse, dem Reichthum und besonders auch der industriellen Entwickelung des Hinterlandes wächst die Bedeutung des Hafens. Dabei liegt derjenige Hafen ein

und desselben Landes am günstigsten, welcher dem wirthschaftlichen Schwerpunkte desselben der nächste ist. Denn die Seefracht ist nach Entfernungs-Einheiten gemessen unendlich gering gegen die Fracht des Festlandes, gleich viel ob für Eisenbahnen oder Binnenschiffahrt, so dass für den Verkehr von einem Punkte des Landes bis zu zwei gleich guten Häfen, abgesehen von den Tarifen der Landfracht nur die Differenz der Entfernungen auf dem Lande in Frage kommt.

Daher liegen alle bedeutenderen Häfen eines grossen und mit mehreren Häfen versehenen Landes fast ausnahmsweise entweder an Flüssen oder in tief einschneidenden Buchten, nie aber an weit vorspringenden Landzungen, mögen hier auch die natürlichen Bedingungen zur Anlegung eines Hafens noch so günstig sein. Hier sind Zufluchtshäfen und unter Umständen auch Kriegshäfen am Platze, wenn bei letzteren nicht vielleicht strategische Rücksichten dagegen sprechen. Die Mehrzahl der bedeutendsten Handelshäfen der Welt, wie London, Liverpool, Hull, Glasgow, New-York, Havre, Bordeaux, Antwerpen, Rotterdam, Hamburg, Bremerhafen u. s. w. liegt an Flüssen, welche entweder die Seeschiffe weit ins Innere gelangen lassen oder wenigstens für die Binnenschiffahrt eine bedeutende Wasserstrasse bilden. Trifft beides bei einem Hafen wie z. B. bei Hamburg zusammen, so ist es nahe belegenen anderen Häfen so gut wie unmöglich mit dem ersteren erfolgreich zu concurriren, wenn sie auf dasselbe Hinterland angewiesen sind.

Ist es nun auch zwar Sache des Kaufmanns den fertigen Hafen zu beleben, für den zu schaffenden Hafen die commercielle Bedeutung nachzuweisen und zuweilen selbst das Geld zum Bau aufzubringen, so muss es stets die Aufgabe des Ingenieurs bleiben, nicht allein den bereits beschlossenen Hafen gut zu bauen, sondern auch die etwa möglichen Verkehrsverbesserungen aufzusuchen, durch welche ein neuer Hafen um so sicherer seine Bedeutung gewinnt, ein schon vorhandener aber die seinige noch steigern kann.

§. 2. Voruntersuchungen. Arten und Benennungen der Häfen. Da die Arten der Häfen nach mehreren Rücksichten unterschieden werden, so entsteht hieraus eine grosse Mannigfaltigkeit in den Benennungen, so dass fast stets ein bestimmter Hafen mehrere Benennungen je nach der maassgebenden Rücksicht erhalten kann. Die erste Rücksicht ist bereits im vorigen Paragraph erwähnt, nämlich die des Zweckes. Dieser bedarf hier keiner weiteren Erläuterung und giebt zu nachfolgenden Arten und Benennungen Veranlassung: der gewöhnliche Handelshafen, welcher oft in verschiedene, den speciellen Zweigen des Handels entsprechende Theile zerfällt; der Kriegshafen, der in der Regel auch zum Bau der Kriegsschiffe, in jedem Falle zur Reparatur und Ausrüstung und zum sicheren Aufenthalt derselben dient; der Fischerhafen, in welchem die Fischerfahrzeuge ihren Fang unter Umständen ans Land bringen, stets aber sicher vor Sturm einlaufen und mit allem Bedarf sich versehen können; der Winterhafen, in welchem die Schiffe in kalten Gegenden, wo sie am Fahren verhindert sind, ihre Winterlage finden können; der Kohlenhafen, von welchem nur Kohle, die in der Nähe gewonnen ist, exportirt wird, zum Unterschied von der Kohlenstation, welche in grossen Meeren nur von weitfahrenden Dampfern zur Einnahme neuer, sehr oft von fern importirter Kohlen angelaufen wird; der Zufluchtshafen, der an hafenarmen und gefährlichen Küsten zum Schutz der in der Nähe vom Sturm überraschten Schiffe dient, und endlich der Quarantainehafen, in welchem Schiffe von inficirten Orten kommend eine gewisse Zeit lang liegen müssen, ehe sie in dem Haupthafen zugelassen werden.

Weniger einfach und verständlich ist die Unterscheidung nach den Wasserverhältnissen. Der einfachste Fall ist der, dass trotz etwaiger Schwankungen des Wasserstandes der Hafen jederzeit offen und zugänglich ist. Dies giebt den offenen Hafen. Ist der Hafen zwar offen, aber nur zur Zeit des Hochwassers zugänglich, so wird derselbe Tidehafen genannt. Wo die Schwankung des Wasserstandes aus verschiedenen Gründen im eigentlichen Hafen zu nachtheilig sein würde, wird die Mündung durch eine Schleuse gesperrt und dahinter ein fast gleichbleibender Wasserstand gehalten. Das so abgeschlossene Bassin heisst dann ein Dock oder Dockhafen. Damit aber auch während des Dockverschlusses Schiffe möglichst nahe an die Schleuse herankommen und in kürzester Zeit ins Dock hineinfahren können, pflegt sehr häufig vor demselben sich ein offener Vorhafen zu befinden. Siehe Taf. LVII, LVIII und LIX. Statt des offenen Vorhafens wird namentlich in England bei grossen Fluthintervallen ein Vorbassin vor den eigentlichen Docks angebracht, welches mit einem Ebbethore während des Wasserstandes unter halber Fluthhöhe geschlossen, bei höheren Ständen aber geöffnet ist, also von halber Fluthhöhe an bis zur vollen den Schiffen das Einfahren gestattet und mindestens die erstgenannte Spiegelhöhe hält. Ein solches Bassin heisst Halbtidehafen. In ihm münden in der Regel mehrere Docks nur mit einer einfachen Dockschleuse, während der Vorhafen dann nur aus einer kurzen Einfahrt besteht. Siehe z. B. Fig. 6, Taf. LVII.

Endlich kann man die Häfen nach der Art ihrer Entstehung in natürliche und künstliche unterscheiden, wobei vorzüglich der Ursprung der Wasserfläche entscheidend ist. So nennt man z. B. die nur etwa durch Wellenbrecher oder gar nur durch vorspringende Landzungen geschützten Buchten, auch wenn sie mit künstlichen Ufern versehen sind, natürliche Häfen, dagegen alle gegrabenen Bassins künstliche Häfen.

Je bedeutender und ausgedehnter ein Hafen im Allgemeinen ist, desto eher wird er verschiedenen der vorgenannten Zwecke zugleich dienen und desto öfter vereinigt er in sich die zuletztgenannten Unterschiede. Ein grosser Hafen wird eine fast jederzeit zugängliche Einfahrt besitzen müssen, also auch zeitweilig als Zufluchtshafen für die nicht auf ihn bestimmten Schiffe dienen können. Er wird auch Fischerfahrzeugen einen bestimmten Raum gewähren und wenn irgend thunlich die Kohle des eigenen Landes den ausgehenden Schiffen als billigen Exportartikel oder wenigstens in Ermangelung anderer Rückfracht und statt des nutzlosen Ballastes als mässig lohnende Rückfracht anbieten. Vor einigen Jahrzehnten war ferner ein Kriegshafen fast stets mit einem grösseren Handelshafen verbunden, weil sich zur Zeit des Kriegs viele Handelsschiffe in Kriegsschiffe, wenn auch untergeordneten Ranges verwandelten und anderseits, weil die Handelsschiffe des Schutzes der zu ihrem Lande gehörenden Kriegsschiffe bedurften und weil die Bedürfnisse beider Arten von Schiffen ähnlicher waren. Jetzt in Folge des modernen Seerechts in Kriegszeiten und wegen der eigenthümlichen Bauart der Kriegsschiffe fallen diese Gründe fast ganz hinweg, dagegen erfordert schon allein die viel straffere und einheitlichere Organisation des Kriegswesens eine völlige Trennung des Kriegshafens vom Handelshafen. Es bedarf zwar der Kriegshafen der Zufuhr von der See her durch Handelsschiffe, und es wird wohl stets ein gewisser Vortheil für ihn aus der Nähe eines Handelshafens entspringen. Den in ihm einlaufenden Handelsschiffen wird aber ein ganz bestimmter Raum angewiesen und das Liegen nur so lange gestattet, als es mit dem Zweck des Kriegshafens verträglich. Im Uebrigen werden die Kriegshäfen völlig getrennt gehalten

und nach der Landseite durch Mauern u. s. w. von allem freien Verkehr abgeschlossen. Es sind die Festungen der See.

Wie nun die Zwecke eines einzelnen Hafens bisweilen verschieden sind, so auch seine Entstehungsart und seine allgemeinere Anordnung in Bezug auf die Wasserverhältnisse. In manchen Fällen hat sich aus den kleinsten und bis in die frühesten Zeiten reichenden Anfängen nach und nach ein grösserer Hafen entwickelt, wenn die allgemeinen Beziehungen zum Hinterlande zwar ähnlich geblieben aber nur quantitativ gewachsen sind. In anderen Fällen, jedoch wohl seltener, wird durch neu entstandene politische oder commercielle Verhältnisse an einer bis dahin völlig leeren Uferstrecke der Bau eines Hafens gefordert. So insbesondere für Kriegshäfen wie z. B. Wilhelmshafen und Kiel, oder für die Mündungen eines Seecanals z. B. bei Port-Said, Suez und Amsterdam. In solchen Fällen wird fast stets eine umfangreiche und eingehende Untersuchung vorangehen müssen über die Wahl des geeignetsten Punktes der Küste und kommen dabei die weitgehendsten Fragen zur Besprechung z. B. über die Richtung der Küstenstrecke zu den Winden, Wellen, Strömungen, die Gestaltung der Küste selbst, ob flach oder steil im Vorgrunde sowie über dem Wasser, die Bodenart hinsichtlich des Ankerns und der Herstellung der Bauten, die Fortführung der landseitigen Verbindungen u. s. w. Die eigentlichen baulichen Rücksichten treten dabei meistens zurück gegen die nautischen. Denn mit gewissem Mehraufwand an Kosten lassen sich selbst grosse aber rein bauliche Schwierigkeiten heutzutage sicher überwinden, während Mängel in der sicheren Einfahrt, in der Erhaltung der Tiefe u. s. w. oft mit keinerlei Mitteln wieder gut zu machen sind.

Es erscheint deshalb bei neu anzulegenden Häfen fast von untergeordneter Bedeutung, ob der Hafen zum grossen Theil in das offene Wasser oder in das Land hineingebaut werden muss, wenn er nur zweckmässig in Bezug auf gute Einfahrt und sichere Tiefe liegt.

Im Allgemeinen zwar werden offene Häfen am eigentlichen Meere in der Regel vor dem alten Ufer angelegt, während an Flüssen mit der Anlage eines offenen Hafens meistens nur eine Uferregulirung verbunden ist. Dagegen liegen geschlossene oder Dockhäfen fast stets nur mit ihrer Mündung in der Nähe des alten Ufers, mit ihren Bassins aber innerhalb desselben. Vergl. Taf. LVII, LVIII, LIX.

Der Grund hiervon liegt wohl meistens darin, dass die offenen Häfen im Wesentlichen zu ihrer Umschliessung nur einiger Molen oder Hafendämme bedürfen um ein vom übrigen Meer getrenntes Bassin zu bilden, dass sie aber wegen ihrer Offenheit der Verschlammung u. s. w. mehr ausgesetzt sein würden, wenn sie nicht zum Theil im tiefen Wasser lägen, dass dagegen auf das Dockbassin in dieser Beziehung die Lage keinen Einfluss hat, dass ferner die besonders schwierigen und theueren Bauwerke der Schleusen nicht ohne Noth ins tiefere Wasser zu legen sind. Ausserdem werden grade an Flüssen die Dockhäfen häufiger sein als die offenen.

Die Frage, ob an einer bestimmten Stelle zweckmässiger ein offener oder ein geschlossener Hafen zu bauen sei, ist in manchen Fällen nur nach Erwägung vieler Umstände sicher zu entscheiden und pflegt deshalb oft einen Streit hervorzurufen, in welchem von beiden Parteien mit gleicher Berechtigung die Gründe verfochten werden. Die Vortheile eines offenen Hafens sind der Wegfall aller Hauptschleusen und dadurch unter Umständen eine wesentliche Ersparniss in den Baukosten sowie ein erleichterter Betrieb der Schiffahrt, die nöthige Wassertiefe im Hafen vorausgesetzt. Wenn aber ein grosser Wasserwechsel, also namentlich ein starker Fluth-

wechsel stattfindet, so muss nicht nur die Sohle des Hafens für den kleinsten Wasserstand tief genug, sondern auch die Höhe aller Kaimauern und dem Landverkehr dienenden Flächen hoch genug über dem höchsten Wasserstande sein. Dadurch werden wiederum erhebliche Ausgaben veranlasst, die bei einem geschlossenen Hafen fortgefallen wären. Der erleichterte Schiffsbetrieb wird ferner wegen der grösseren Mauerhöhe durch den erschwerten Ladebetrieb mehr oder weniger aufgewogen. Endlich aber fragt es sich oft allein, ob bei dem mit grossem Fluthwechsel meistens verbundenen starken Schlickfall der offene Hafen ohne unverhältnissmässig theuere und lästige Baggerungen offen gehalten werden kann.

So war es z. B. vor der Anlegung des neuen auf Taf. LVII dargestellten Hamburger Hafens noch sehr zweifelhaft, welche Art von Häfen gewählt werden sollte. Dort hat die Elbe (vergl. Taf. XLVIII in Cap. XV, § 16) noch etwa $1^{m},8$ mittleren Fluthwechsel, dagegen freilich einen grössten Unterschied von etwa 6^{m} zwischen höchstem und niedrigstem Wasser, aber weil schon nahe am Ende des Fluthgebiets nur einen geringen Schlickfall. Wenn ferner auch die Schiffahrt auf der Elbe unterhalb Hamburg für die grossen Schiffe nur bei annäherd vollem Hochwasser betrieben werden kann, so besitzt die Elbe vor der Stadt eine genügende Tiefe um auch zu anderen Zeiten das Aus- und Eingehen der Schiffe zwischen Hafen und Flussreede zu gestatten. Diese Umstände zusammen führten mit Recht zu einem offenen Hafen.

Weniger glücklich scheint die Wahl eines offenen Hafens bei dem freilich einstweilen unvollendet gebliebenen, von einer Privatgesellschaft unternommenen neuen Bassin zu Cuxhafen getroffen zu sein. Dort sollte unmittelbar oberhalb des jetzt hauptsächlich und namentlich bei heftigem Eisgang in der Elbe nur als Zufluchtshafen dienenden alten Hafens ein 10^{Ha} grosses nur mit einer etwas verengten Oeffnung von der Elbe getrenntes Bassin hergestellt werden. Die Elbe hat aber dort ein $2^{m},8$ grosses gewöhnliches Intervall und dabei viel häufigere Schwankungen durch Wind als in Hamburg, und der Schlickfall beträgt dort in 1 Jahr im Durchschnitt mindestens 1^{m} Höhe. Ausserdem würde die Wellenbewegung nicht ohne störenden Einfluss geblieben sein.

Aber selbst da, wo ein offener Bassinhafen wegen des Schlickfalls und mit Rücksicht auf die Kosten der Mauern u. s. w. nicht zweckmässig sein würde, lässt sich in beschränktem Maasse ein offener A n l e g e p l a t z für Schiffe durch blosse Herstellung eines einfachen Kais oder eines vortretenden und der Strömung freien Durchzug gewährenden Gerüstes schaffen. So sind z. B. unterhalb des neuen Hamburger Hafens sowie in Altona die Liegeplätze für die Schiffe nur durch starke Düčdalben und dazwischengelegte schmale Flösse von dem freien Strome getrennt.[1])

§ 3. Benennung der einzelnen Theile der Häfen. Viele einzelne Theile eines Hafens wiederholen sich nicht allein bei derselben Art, sondern auch bei den nach vorigem Paragraph zu einer anderen Art gehörenden Häfen. Ehe diese einzelnen Gegenstände nach ihrer baulichen Anordnung und Construction näher geschildert werden, ist es zweckmässig ihre Bedeutung zu den übrigen Theilen des Hafens kurz zu bezeichnen, soweit dies nicht bereits im § 1 geschehen ist. Es erscheint dies um so nothwendiger, als manche Gegenstände noch neuen Ursprungs sind und dann nicht immer richtig oder nicht consequent mit ausländischen Namen belegt werden. Leider erstreckt sich diese unschöne und ungenaue Bezeichnung aber nicht

[1]) Vergl. Dalmann, der Hafen von Hamburg-Altona. Zeitschr. f. Bauw. 1868.

allein auf neue, sondern zuweilen auch auf alte Dinge, denn wohl nirgends findet mehr eine Begegnung mit Ausländern statt als an einem Hafen. Aus diesem Grunde sind im Nachstehenden die hauptsächlichsten Gegenstände auch in englischer und französischer Sprache benannt.

Die Reede, auch Rehde oder Rhede *(e. Road; fr. Rade)* ist eine Wasserfläche vor dem Hafen, auf der die Schiffe jederzeit Zugang und Schutz vor Sturm finden.

Der Vorhafen *(Outer-harbour; Avant-port)* liegt vor den eigentlichen Hafenbassins und ist jederzeit offen, wenn auch in Folge der Ebbe und Fluth nicht immer zugänglich. In letztem Falle ist es ein Tidehafen *(e. Tidal-harbour)*.

Der Halbtidehafen auch „Hafen halber Fluth" *(Half-tide-harbour; Bassin à demi-flot)* vermittelt zwischen Vorhafen und Dockhafen und hält mit Hülfe einer Dockschleuse mindestens halbe Fluthhöhe.

Der Dockhafen, das Dock, auch wohl Flotthafen genannt *(Dock; Bassin à flot)* hält mit Hülfe einer Dockschleuse, seltener einer Kammerschleuse das Binnenwasser zurück, ist also meist nur zur Zeit des Hochwassers zugänglich.

Das Trockendock *(Dry-dock* oder *Graving-dock*; *Forme de radoub* oder *Bassin de radoub)* dient nur zur Reparatur von Schiffen und wird mit einem Ponton *(Pontoon; Ponton* oder *Caisson)* seltener mit Schleusenthüren verschlossen.

Das Schwimmdock, auch wohl Balancedock *(Floating dock; Forme flottante)* dient zu demselben Zweck.

Der Helling, Helgen dient fast nur zum Neubau und zur Reparatur kleinerer, selten auch grösserer Schiffe.

Der Aufzug oder die Patentschleppe *(e. Slip)* dient zum Aufziehen reparaturbedürftiger Schiffe auf den Helling.

Die Hafendämme, Molen *(Pier, jettie; Jetée, Môle, Digue)*, im weiteren Sinne alle den Hafen irgendwie begrenzenden Dämme, gleichviel welcher Construction und welchen Materials, unterscheiden sich im engeren Sinne von den Wellenbrechern *(Break-water; Brise-lâmes)* vorzüglich nur durch ihre Benutzung. Die Wellenbrecher dienen nämlich ihrem Namen gemäss ausschliesslich zum Abhalten der grossen Wellen vom Hafen oder der Reede, während die Molen in der Regel auch zum Anlegen von Schiffen dienen. Am mittelländischen Meere, von wo die Molen schon aus der Römerzeit ihren Ursprung und Namen haben, dienen sie vorzugsweise nur zum Anlegen, Löschen und Laden. Man hat später an anderen Meeren fast jeden auch vorzüglich zur Abhaltung der Wellen oder zur Einfassung und Verengung der Mündung angelegten Damm „Mole" genannt.

Die Brustwehr einer Mole *(Breast-work; Parapet)* ist die meist senkrechte Mauer an der Aussenseite derselben, die zum Schutz gegen überschlagende Wellen dient.

Der Kopf oder das Ende eines Hafendamms, der Molenkopf *(Pier-head; Tête de mole)* begrenzt in der Regel auch die Einfahrt der Reede oder des Hafens, trägt oft Forts, Leuchtthürme, Baken, eine Winde oder Gangspill *(Capstan; Cabestan)* zum Anholen von Schiffen u. s. w.

Die Hafenufer sind fast stets künstlich bekleidet mit senkrechten Wänden, Kajen, Kajungen, Bollwerken *(Quay; Quai)*, welche in Deutschland, jedoch nicht allgemein z. B. nicht zwischen Ems und Elbe, in Kaimauern oder Kais unterschieden werden von Bohlwerken. Das Wort „Bollwerk" ist unstreitig älter als „Bohlwerk" und in genannter Nordseegegend neben „Kaje" das gebräuchlichere für jede Art Uferbekleidung eines Hafens.

Die Befestigung der Schiffe geschieht auf dem Meere, der Reede oder selten auch im Vorhafen durch Anker (siehe Cap. XIV, § 29) *(Anchor; L'ancre)*, im Hafen dagegen ausserhalb des Ufers mittelst fester Dücdalben *(Pole; duc d'Albe* d. h. Herzog Alba*)* oder an schwimmenden Bojen *(Buoy; Bouée)*, welche letztere mit Ketten an schweren Steinen, Ankern, oder Grundschrauben *(e. Screw-mooring)* befestigt sind. An dem Ufer wird das Schiff an Schiffsringen oder an Landfasten, Pollern *(Pole; Bollard)* mit Kette oder Tau angebunden, vertaut.

Auf oder etwas entfernt von dem Ufer stehen Schuppen *(Shed; Hangar)* zur rasch vorübergehenden Aufnahme von Waaren; sie unterscheiden sich hierdurch sowie durch die leichtere meist einstöckige Bauart von den zu längerem Aufenthalt der Waaren bestimmten, meist mehrstöckigen und solide gebauten Speichern, Niederlagen, Lagerhäusern *(Ware-house; Magasin)*, siehe § 7.

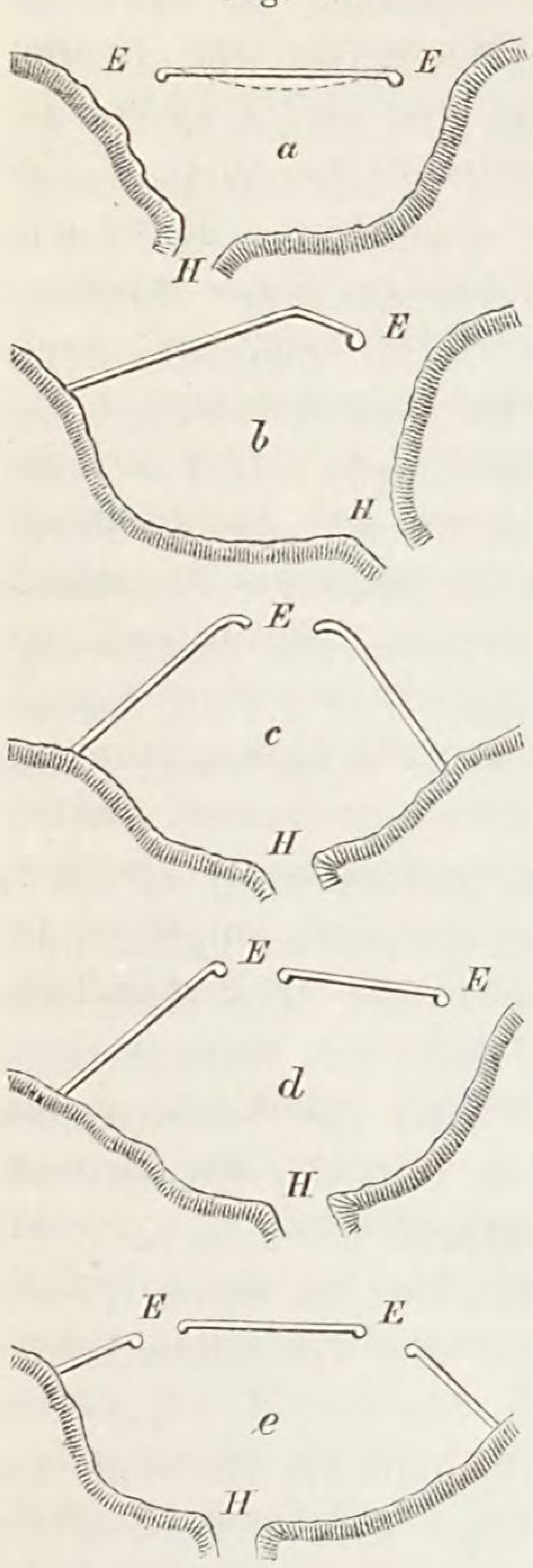
Zum Löschen (ursprünglich Lössen, d. h. los, frei machen) und Laden einzelner in bestimmten Quantitäten oder einzelnen Stücken zu fassenden Güter oder Waaren dienen Krahne *(Crane; Grue)*; für die Verladung von Massengütern, besonders Kohlen, sofern sie nicht in einzelnen Säcken, Kübeln u. s. w. gefasst sind, meistens die Sturzgerüste *(Coal staith)*, als Wippen *(Tip)*, Schüttrinnen *(Spout)* und Schüttkrahnen *(Drop)*, siehe § 8.

§ 4. Die Reede. Wie bereits im § 1 erwähnt, dient eine Reede dazu den Schiffen, so lange sie nicht in den eigentlichen inneren Hafen einfahren können oder wollen, einen stets zu erreichenden und sicheren Aufenthalt zu bieten. Sie muss zu diesem Zwecke namentlich vor dem heftigsten Seegange geschützt liegen, bei jedem Wasserstande genügende Tiefe und in hinreichender Ausdehnung einen guten Ankergrund besitzen.

Wo die Häfen an einem Flusse liegen, wie z. B. in Hamburg, Bremerhafen, Liverpool, London, Hull u. s. w. vertritt derselbe die Stelle der Reede, denn die Wellen haben sich selbst in der Flussmündung im Vergleich zum offenen Meere schon wesentlich abgeschwächt, so dass bei starkem Sturme höchstens kleine Fahrzeuge dadurch in Gefahr gerathen können. Diese finden jedoch, wenn sie rechtzeitig den Vorhafen aufsuchen oder eine Strecke weiter hinauffahren leicht den nöthigen Schutz. Der Ankergrund im Flusse pflegt fast stets aus Sand zu bestehen, in welchen ein Anker leicht eingreift und gut hält. Eine besondere Vorsicht ist jedoch insofern nöthig, dass die Schiffe bei dem Umsetzen des Stromes völlig schwajen, d. h. vor dem Anker wenden können, ohne mit einander in Collision zu gerathen (siehe w. u.). Es müssen also die Schiffe um die gemeinsame Länge der beiderseitigen Ankerketten von einander entfernt liegen. Die nöthige Tiefe endlich wird der Fluss in seiner untersten Strecke, wo überhaupt nur eine Reede von Werth ist, an jeder Krümmung auch bei Niedrigwasser besitzen, während für den weit oberhalb der Mündung liegenden Hafen eine wirkliche Reede nicht mehr nöthig, dagegen ein genügend tiefer, mit Bojen zum Anbinden der Schiffe versehener Liegeplatz immer sehr erwünscht ist.

Weit grössere Bedeutung erhält eine Reede bei den am offenen Meere liegenden Häfen mit ungünstiger Einfahrt, besonders den Dockhäfen, indem eine mit Schleusen versehene Einfahrt in vielen Fällen, z. B. nicht bei starkem Sturme geöffnet oder selbst bei etwaiger Oeffnung durchfahren werden kann. Für einige dieser Häfen gewähren nun natürliche Buchten die nöthige Reede z. B. die Kieler Bucht, die Bucht von Pola, während in der Regel erst durch die Anlage von Wellenbrechern die Reede künstlich geschaffen werden muss.

Fig. 1.



Solche Wellenbrecher (vergl. § 3) werden entweder als Sehne eines Bogens vor einer Bucht mit zwei freien Enden, oder mit dem einen Ende vom Ufer ausgehend und nur mit dem anderen frei auslaufend angelegt. Es können dann folgende durch nebenstehende Skizze Fig. 1 veranschaulichte Variationen entstehen, bei denen vorzugsweise die nöthige Grösse der Reede, die gute Lage der Einfahrt oder der Einfahrten, die Rücksicht auf Küstenströmungen und endlich die Kosten der Ausführung maassgebend sein müssen.

Die nöthige Grösse einer Reede richtet sich zwar zunächst nach der grössten mit Sicherheit aufzunehmenden Zahl der Schiffe. Da diese jedoch bei einem neu anzulegenden Hafen schwerlich im Voraus sicher zu ermitteln ist und da ausserdem eine gute Reede unter Umständen auch als Zufluchtshafen von anderen als den für den betreffenden Hafen bestimmten Schiffen angelaufen wird, so kann im Allgemeinen eine Reede nicht leicht zu gross genommen werden, wenn nur dabei die nöthige Sicherheit für die Schiffe gewahrt bleibt. Nach Minard und Th. Stevenson muss man etwa $0{,}1^{\mathrm{Ha}}$ Oberfläche für ein frei ankerndes Schiff rechnen. Ausserdem bedarf ein Schiff zum Einlaufen mit voller Geschwindigkeit noch mindestens 1^{Ha} Raum. Diese nach der Frequenz zu berechnende Gesammtgrösse muss dabei in demjenigen Theile der Reede vorhanden sein, welcher bei dem nöthigen Schutz vor Wellen auch den geeigneten Ankergrund (siehe w. u.) bietet, während ungeschützte, zu seichte oder zu tiefe Flächen, die etwa von den Wellenbrechern u. s. w. umschlossen sind, nicht mit in Rechnung gezogen werden dürfen.

Hinsichtlich der Lage für die Einfahrt gelten die nämlichen Regeln, welche im § 5 für die Einfahrt des Hafens im Allgemeinen aufgestellt sind. Nach diesen kann unter Umständen die Anordnung zweier Einfahrten grosse Vortheile bieten und wird bei einer tiefen Bucht wohl in den meisten Fällen ein an beiden Enden freier Wellenbrecher besonders geeignet scheinen. Es sprechen jedoch bei der Form der Linien für den Wellenbrecher oder die einzelnen Stücke desselben ausser der Lage der Einfahrt auch die Construction und die localen Verhältnisse des Bodens, sowie die Rücksicht auf die von Aussen kommenden Wellen und auf die Küstenströmung zusammen derartig mit, dass hierüber nach einander das Prinzipielle folgen mag. Es sei jedoch hinsichtlich der Construction dabei nur von festen und massiven die Rede, weil die durchbrochenen und beweglichen der Lage nach keine so zwingenden Rücksichten fordern. Hinsichtlich der Küstenströmung muss auf das hierüber im § 5 Gesagte Bezug genommen werden.

Man wird wohl stets schon mit Rücksicht auf die bequemere Herstellung (siehe § 13) möglichst lange grade Linien den gekrümmten oder geknickten vorziehen. Indess haben unter Umständen diese ganz bestimmte dauernde Vorzüge, die freilich zuweilen sich einander gegenüberstehen. So wird im Allgemeinen die nach Aussen convexe Form den Wellenschlag gegen den Damm selbst mässigen, so dass aus

diesem Grunde Th. Stevenson ganz allgemein diese Form empfiehlt. Es kann dagegen hierbei, z. B. wenn der Wellenbrecher nach vorstehender Skizze Fig. 1*a* frei vor der Bucht liegt, grade eine Concentrirung der Wellen an den beiden Enden zunächst der Einfahrten entstehen, indem die den Damm schräg treffenden Wellen noch eine Strecke an demselben entlang laufen ohne zu brechen. Auch kann die Küstenströmung bei dieser Form grade um so stärker auf die Versandung der Mündung einwirken, als wenn sie z. B. durch eine flach concave, in Fig. 1*a* punktirte Form wieder von der Mündung und dem Ufer abgelenkt wird. Es erscheint deshalb bei frei vor einer Bucht vorliegenden Wellenbrechern eine nach Aussen concave Form in diesen beiden Beziehungen günstiger als die umgekehrt nach Aussen convexe Form. Trotzdem ist z. B. bei dem seiner Zeit sehr berühmten Wellenbrecher vor Cherbourg die letztere Form gewählt, wohl grösstentheils wegen der bequemeren Ausführung. Die Längsdämme vor dem Marseiller und Triester Hafen, siehe Taf. LVIII, welche dort ebenfalls als Wellenbrecher dienen, zeigen dagegen mehr oder weniger die concave Form.

Wenn vom Ufer aus der Wellenbrecher erst seewärts geführt wird, so ist es fast selbstverständlich ihn an einer Stelle stark nach Aussen convex zu halten oder zu knicken, besonders wenn derselbe aus mehreren Theilen besteht. Die schärfsten Biegungen liegen dann in oder in der Nähe der Mündung. Vergl. die Wellenbrecher der Tyne-Mündung und der Mündungen des Amsterdamer und des Suez-Canales Taf. LVIII und LIX. Jedenfalls ist die Oeffnung so zu legen, dass der Küstenstrom sie möglichst wenig versanden kann. Diese Gefahr kann während der Erbauung der vortretenden Wellenbrecher sehr fern erscheinen, weil die Einfahrt im tiefen Wasser liegt; sie kommt aber oft schon nach einigen Jahren durch die Verschiebung der Uferlinie in Folge des Wellenbrechers sehr viel näher. Siehe hierüber den folgenden § 5. Nach einer ebenfalls dort zu besprechenden Regel soll die Einfahrt am weitesten seewärts von allen baulichen Theilen liegen. Bei dieser Lage wird ausserdem die Gefahr, dass die eigentliche Reede versande, am kleinsten, selbst dann wenn zwei Oeffnungen vorhanden sind, welcher Fall augenscheinlich in dieser Hinsicht der ungünstigste ist. Denn die Strömung wird um so stärker in den abgetrennten Raum treten, je leichter sie an einer anderen Stelle einen Ausweg findet.

Hinsichtlich der Construction der Wellenbrecher kann man zunächst feste und bewegliche, unter ersteren aber wieder dichte und durchbrochene unterscheiden. Die festen und dichten werden fast stets massiv aus Steinmaterial erbaut, wenn von vereinzelten und nur bei kleinen Verhältnissen zulässigen Constructionen aus Faschinenwerk oder einem Holzgerippe mit Füllsteinen u. s. w. (s. Constr. d. Hafendämme u. s. w.) abgesehen wird.

Solide massive Wellenbrecher werden dabei sehr oft benutzt, um an ihren alsdann verbreiterten Enden oder Köpfen kleine Forts, Leuchtthürme u. s. w. zu tragen. In jedem Falle sind diese Köpfe namentlich nach der Einfahrt hin möglichst steil und glatt in ihrer seitlichen Oberfläche herzustellen, um den etwa bei Sturm dagegengetriebenen Schiffen nicht unbedingt schweren Schaden zuzufügen. Sie können ferner ebenso wie die Köpfe der eigentlichen Einfahrtsmolen (siehe § 5) mit Vorrichtungen zur Hülfsleistung für einfahrende Schiffe versehen werden.

Die abentheuerliche Construction der Cherbourger „Kegel", welche nur einige Jahre Dauer hatten und von Hagen als warnendes Beispiel ausführlicher beschrieben sind, kann nur noch historisches Interesse beanspruchen. Diese abgestumpften Kegel ohne Boden, von etwa 45^{m} unterem und 18^{m} oberem Durchmesser, sowie etwa 20^{m} Höhe, waren in ihrem Mantel aus Zimmerwerk hergestellt; sie wurden

durch einen Kranz von Tonnen schwimmend an Ort und Stelle gebracht, durch Lösung der Tonnen versenkt und dann mit Steinen ausgefüllt. Sie sollten 90 an der Zahl dicht nebeneinandergestellt einen langen Damm bilden und den Wellschlag der Reede trotz der zwischen liegenden Lücken mässigen. Obwohl diese bei der Ausführung grösser genommenen Lücken zum Theil nachträglich mit Steinen verfüllt wurden, hielten die in geringerer Zahl ausgeführten Kegel nur einige Jahre. Der jetzige Damm wurde später erst mit kleinen und schliesslich mit genügend grossen Steinen in einer Länge von 3712^m ausgeführt und hat etwa 54 Millionen Mark gekostet.

Die eigentliche Construction der festen Wellenbrecher ist in den §§ 11 bis 13 näher besprochen und soll hier nur der Einfluss der verschiedenen Constructionsarten auf die Reede in Betracht gezogen werden. Irregeleitet durch die Reste römischer Hafendämme, bei denen wegen der leichteren Herstellung mit unvollkommenen Hülfsmitteln nur einzelne grössere zusammenhängende Strecken mit überwölbten Lücken zur Ausführung gebracht sind, glaubte man eine Zeit lang in dieser Anordnung Vortheile für die Reinhaltung des Hafens oder der Reede erblicken zu müssen. Es ist jedoch wohl zweifellos, dass einzelne kleinere Oeffnungen in einem grossen und breiten Damme in dieser Beziehung werthlos, in jeder anderen aber nachtheilig sein müssen. Wesentlich anders gestaltet sich die Sache, wenn nur einzelne schmale Pfeiler oder Pfosten im Grunde stehen und mindestens die Hälfte der ganzen Länge des Wellenbrechers durchbrochen ist. Die Wellen werden dabei zwar nur zum Theil zerstört, aber eine nicht in gleichem Maasse geschwächte Strömung kann hindurchtreten und unter geeigneten Umständen die Versandung des äusseren und inneren Raumes verhindern. In dieser Beziehung wird die zur Zeit vor dem Hafen von Bayonne in der Mündung des Adour ausgeführte, im § 12 beschriebene Construction lehrreich sein, sobald darüber genügende Erfahrungen gesammelt sind. Es soll daselbst zunächst der zwischen den zwei durchbrochenen Dämmen eingefasste Ebbestrom des Flusses die Barre zerstören, die Dämme sollen dabei die ein- und ausgehenden Schiffe vor heftigen Wellen schützen und trotzdem nicht Veranlassung geben, dass die wechselnde Küstenströmung oder die äusseren Wellen neben den Dämmen Sinkstoffe ablagern und das alte Ufer hinausschieben.

Die durchbrochene Holzconstruction, welche namentlich in nordfranzösischen Häfen zu Einfahrtsdämmen sehr häufig gebraucht wird (siehe § 12) und wobei entweder das Zimmerwerk bis auf den Boden reicht oder nur einen Aufsatz auf einem unteren Steindamm bildet, kann bei freiliegenden eigentlichen Wellenbrechern schon wegen der zu geringen Stabilität wenig in Frage kommen. Zudem würde das Holz, welches in Flussmündungen durch das Süsswasser einigen Schutz gegen den Bohrwurm erhält, in der offenen See sehr bald von diesem zerstört werden, wenn es bis in die Nähe des Niedrigwassers hinabreicht.

Hinsichtlich der Höhe der festen Wellenbrecher ist zunächst zu beachten, dass wenn sie auch bei heftigstem Sturm und Seegang die Reede genügend schützen sollen, sie mindestens die Höhe des höchsten Wassers erhalten müssen; da aber hierbei noch die Gipfel der Wellen hinüberschlagen, so wird gewöhnlich die Höhe noch etwa 1 bis 2^m über diesem Wasserstande genommen. Bei geringerer Höhe leiden ausserdem die oberen Theile des Wellenbrechers selbst zu stark durch den Wellenstoss. Sollen aber auch bei Sturm Menschen auf ihm verkehren, z. B. um Schiffen bei der Einfahrt Hülfe zu leisten, so ist noch eine 2 bis 3^m höhere Brustwehr nach der Seeseite hin oder ein entsprechend hohes Gerüst erforderlich. Um die grossen Kosten und die erwähnten Mängel der festen Wellenbrecher zu vermeiden, hat man zu verschiedenen Malen schwimmende Wellenbrecher angewandt. So wurden im

Jahre 1846 in dem südfranzösischen Hafen la Ciotat aus grossen 20^m langen und 1^m starken quadratischen und mit einer Diagonale vertical gelegten Balken, in welche eine Reihe kurzer horizontal liegender Querbalken eingelassen war, grosse liegende Rechen gebildet, deren 12 im Versatz nebeneinander verankert die Wellen vor der Hafenmündung brechen sollten. Trotz starker Verankerung hielten jedoch weder die Anker noch die Ketten und ausserdem war nach etwa 1 Jahr alles Holz vom Seewurm zerfressen. In neuerer Zeit hat man mit hohlen Blechbalken Versuche gemacht. Obschon alle sonstigen Versuche von schwimmenden Wellenbrechern in ähnlicher Weise und meistens in Folge der Unmöglichkeit eine genügende Verankerung herzustellen gescheitert sind, so wird doch namentlich in englischen Zeitschriften immer wieder die Anwendung schwimmender Wellenbrecher empfohlen. So wird z. B. im Engineer von 1871 S. 264 eine übrigens rationelle Eisenconstruction beschrieben, bestehend aus einem horizontalen Gitterwerk von 7^m,5 Breite mit einem verticalen Rande von 3^m,75 Höhe, welcher mit dem ersteren durch dreieckförmige Consolen verbunden ist. Das Ganze soll durch wasserdichte Röhren flott erhalten werden. Nach dem Scientific American 1870 (S. 7a) und dem Engineer 1870, S. 392 soll für eine Stelle der Küste Chili's ein Wellenbrecher aus schwimmenden Blechkörpern von 90^m Länge und 18^m Höhe construirt sein, wobei der Körper bei ruhiger See geneigt liegt, sich bei Sturm aber so aufrichtet, dass er 13^m tief eintaucht. Jeder Körper soll 500 Tonnen wiegen. Trotz dieser Angaben muss die Sicherheit solcher Anordnungen einstweilen als problematisch betrachtet werden.

Das Ankern auf der Reede hängt von der nöthigen Wassertiefe und der Beschaffenheit des Ankergrundes ab. Die Tiefe muss unter allen Umständen mindestens genügen, dass das Schiff nicht den Boden berührt, sobald es vor dem Anker reitet, d. h. im verankerten Zustande stampft (siehe Cap. XIV, § 34). Dazu gehört je nach der Stärke des Seegangs und der Grösse des Schiffes 1 bis 2 Faden (also etwa 2 bis 4^m) Wassertiefe unter dem Kiel. Aber selbst diese Tiefe ist unter Umständen ungenügend, weil bei ansteigendem Grunde die Wellenbewegung selbst wesentlich grösser ist als bei tieferem Wasser, und weil dabei der Grund eine Auflockerung erfahren kann, so dass der Anker nicht mehr sicher fasst. Es ist z. B. eine nicht seltene Erscheinung in der Nordsee, dass Schiffe, welche auf zu flachem Sandgrunde geankert haben, bei Sturm „vertreiben." Es muss deshalb bei stürmischem Wetter und für grössere Schiffe eine Wassertiefe von etwa 10 Faden als das Minimum gelten. Als guter Ankergrund sind grober Sand und mässigfester Thon anzusehen, wogegen schon in grobem Kies und Steingerölle, sowie in sehr festem Thon die Anker nicht sicher und endlich in Fels und Schlamm gar nicht oder ohne Erfolg eingreifen. Die neuen Ankerarten (siehe Taf. XLVI), welche um einzugreifen keine Drehung machen, sondern messerartig in den Boden einschneiden, gewähren in manchen Fällen grössere Sicherheit als die alten. Um die Anker mit Leichtigkeit und Sicherheit wieder „lichten" zu können, muss der Grund frei von allen fremden Körpern, z. B. grossen Steinen, Holzwerk, Schiffstrümmern u. s. w. sein, hinter denen der Anker festgerathen würde. Es führt dies nicht allein zum Verlust des Ankers oder auch der Kette, sondern unter Umständen sogar zum Untergange des Schiffes. Wo auf einer sonst guten Reede solche Körper vorkommen, müssen dieselben unbedingt, am besten mit Hülfe von Tauchern entfernt werden.

Die Sicherheit des Ankerns beruht ferner wesentlich darauf, dass die Taue oder Ketten (siehe Cap. XIV, § 29) nicht straff gespannt sind, sondern fast stets in

einem sanften Bogen hängen, damit immer eine gewisse Elasticität gegen die heftigen Stösse der grossen Wellen vorhanden ist. Zu diesem Zwecke ist namentlich eine grosse Länge und eine gewisse Schwere nothwendig und sind aus letzterem Grunde Ketten trotz ihrer geringeren eigenen Elasticität unbedingt schon günstiger als Taue. Es wird nämlich bei jedem Windstoss oder bei jeder starken Welle das Schiff soweit fortgeschoben, bis das Tau oder die Kette eine seiner Länge und Schwere entsprechende Spannung annimmt, welche nach dem zeitweiligen Aufhören jener Kräfte das Schiff wieder etwas (1 bis 2^m) rückwärts zieht. Legen sich jene dann zum Theil auf den Boden oder gewinnen sie nur einen stärkeren Bogen, so können sie bei erneutem Angriffe wieder unschädlich nachgeben. Sie müssen deshalb selbst bei grosser Wassertiefe keine zu steile Lage annehmen, weil dabei abgesehen von dem unsicheren Eingreifen des Ankers die Spannung zu gross werden würde. Aus diesen Gründen ist die gewöhnliche Länge, die sog. Kabellänge, 120 bis 150 Faden oder in der deutschen Marine jetzt $9 \times 25 = 225^m$, welche jedoch bei grossen Tiefen durch „Zusammen-Splissen oder Schäkeln" verdoppelt wird. Grössere Tiefen als 40 bis 50 Faden sind deshalb zu vermeiden, weil sie schon doppelte Kabellängen erfordern und doch eine verhältnissmässig steile Lage des Taus oder der Kette hervorrufen.

Wo die Strömung durch Fluth und Ebbe umsetzt und die Reede nur schmal ist, müssen zwei Anker nach verschiedener Richtung ausgebracht werden. Dass das Schiff dabei erst über den einen und dann über den anderen Ankerpunkt fahren und sich von dem letzten zum ersten hin zurückwinden muss, ist selbstverständlich. Es ist jedoch grosse Vorsicht nöthig, dass die aus den beiden Klüsen hängenden Ketten sich nicht beim Umdrehen des Schiffes verwickeln. Ausserdem darf das nach zwei in einer graden Linie liegenden Richtungen verankerte Schiff nicht durch starken Wind oder Wellenschlag rechtwinklig zu jener Richtung getroffen werden, weil dadurch die Spannung der einen sehr stumpfen Winkel bildenden Ketten übermässig gross werden würde. Der Winkel, den beide Ketten am Schiffe miteinander bilden, darf bei Sturm nicht viel über 120 Grad betragen.

§ 5. Einfahrt. Lage und Richtung, Sicherung durch Molen und Bezeichnung durch Marken. Von allen Fragen des Hafenbaues ist hinsichtlich der Sicherheit für die Schiffe die über die Lage und Richtung der Einfahrt die wichtigste und trotzdem die am wenigsten übereinstimmend beantwortete. Es kann unter Bezugnahme auf das in § 1 Gesagte, sowie auf die Tafeln LVII, LVIII und LIX sich hier vorzugsweise nur um die Einfahrt von den am offenen Meere liegenden Häfen handeln, deren Mündungen noch heftigen Wellen ausgesetzt sind. Es fragt sich hierbei stets, wie die eigentliche äussere Einfahrt zu legen und einzurichten ist, damit die Schiffe auch bei jedem Sturme möglichst sicher aus- und namentlich einlaufen können. Wenn vor dem Hafen eine Reede liegt, so ist zwar für den eigentlichen Hafen die Frage nicht oder nur wenig mehr von Belang, sie ist jedoch alsdann vielleicht auf die Einfahrt der Reede zu beziehen, falls nicht auch diese durch die Natur bereits günstig genug gestellt ist.

Bei den an der offenen See liegenden Einfahrten kommen nun nach der Oertlichkeit ganz verschiedene Umstände in Betracht, die eine völlig andere Einrichtung der baulichen Anlagen erfordern. Wenn z. B. die Einfahrt nach allen Richtungen von tiefem Wasser umgeben ist, so wird oft nur eine einfache Oeffnung in dem die Hafenfläche von dem Meere trennenden Damme genügen, wie z. B. in Fig. 1, 2 und 5, Taf. LVIII. Wenn dagegen zwischen dem offenen Meere und dem Hafenbassin ein

seichtes Gewässsr oder festes Land sich befindet, so wird ausser der vorderen Oeffnung noch die bis zum ersten Bassin zu durchfahrende tiefe Rinne, die sog. Hafenstrasse, als Einfahrt zu behandeln und baulich einzurichten sein. Siehe z. B. Fig. 7 und 11, Taf. LVIII.

Die wichtigsten Rücksichten bleiben aber in beiden Fällen die des Seeganges und der Strömung. Es darf das Schiff auch bei dem heftigsten Sturme nicht in Gefahr gebracht werden, auf die Einfassungen der Mündung geworfen oder an der Mündung vorbeigetrieben zu werden, indem alsdann Havarie oder gar der Verlust des Schiffes wahrscheinlich ist. Weil nun die Form der Mündung schon wegen der Art der Entstehung des Hafens verschieden ist und weil ferner fast bei jedem Hafen andere Verhältnisse zwischen der Stärke und der Richtung des Windes, des Seeganges und der Strömung auftreten, so ist es nicht möglich eine für alle Hafenmündungen passende Regel aufzustellen. Es wird namentlich da, wo nur aus einer einzigen Richtung heftiger Seegang erfolgen kann und wo die Strömung kaum merklich ist sehr viel leichter den Ansprüchen genügt werden können, als wo aus mehreren Richtungen ein fast gleich heftiger Seegang stattfindet und wo die Strömung stark und veränderlich ist. Ferner hat auch die etwa schon gegebene Form und Bestimmung des zunächst der Mündung liegenden Hafentheiles oder Bassins einen gewissen Einfluss auf die zweckmässigste Richtung und Lage der Einfahrt. Denn wenn schon in grösster Nähe derselben Schiffe im Hafen liegen müssen, so wird es unzweckmässig erscheinen, ankommende Schiffe in der Richtung des stärksten Seeganges, also zusammen mit mächtigen Wellen, einlaufen zu lassen. Dieses ist aber wieder in dem Falle sehr nützlich, wenn die Mündung nur eng sein kann, eine besonders vorherrschende Richtung des stärksten Seegangs stattfindet und die einlaufenden Schiffe innerhalb den nöthigen Raum finden, um endlich eine geringe Geschwindigkeit erlangen oder gegen den Wind wenden zu können. Denn es würde bei einer einfachen aus gleichweit vortretenden Dämmen gebildeten Oeffnung für ein Schiff äusserst gefährlich sein, während eines starken Seeganges diesen grade in der Mündung nahezu rechtwinklig zu kreuzen, weil es im entscheidenden Augenblick in der vollen Länge oder auch nur am Hintertheil von einer starken Welle getroffen und gegen den leewärts liegenden Damm geworfen werden könnte. Aehnlich würde eine an der Mündung vorbeilaufende heftige Strömung wirken können. Es muss ferner bei dem Einlaufen stets bedacht werden, dass das Schiff um so besser dem Steuer gehorcht, je grösser seine relative Geschwindigkeit ist. Bei Dampfschiffen ist diese verhältnissmässig rasch zu ändern, bei Segelschiffen aber ist nur dann noch bei starkem Strom und Seegang sicher zu steuern, wenn auch das Schiff genügende Segel stehen hat. Man darf also keinenfalls die Mündung so legen, dass der vorherrschende oder auch der heftigste Wind der Einfahrtsrichtung entgegen steht. Die Richtungen des heftigsten Windes und Seeganges werden zwar in der Regel übereinstimmen und rechtwinklig zur Hauptrichtung der Küste liegen. Es ist jedoch zu beachten, dass an einzelnen Häfen z. B. in tiefen Buchten der heftigste Wind nicht immer auch mit dem heftigsten Seegange zusammentrifft. Letzterer wird in solchen Fällen stets in der Richtung der Bucht von Aussen nach Innen liegen, während die heftigste Windriehtung davon verschieden sein kann.

Aus diesen kurzen Betrachtungen geht schon hervor, dass es in den meisten Fällen kaum möglich sein wird, mit einer einzigen Mündung allen Ansprüchen gleichmässig zu genügen, dass man also bei einer einzigen Mündung suchen muss,

die grössten Uebelstände zu vermeiden und die wichtigsten Bedingungen einer sicheren Einfahrt zu erfüllen, sowie dass die Anordnung zweier verschieden belegener Mündungen eine sehr viel höhere Sicherheit gewährt. Dieser Vortheil ergiebt sich fast von selbst bei allen solchen Häfen wie denen von Marseille und Triest (Fig. 1 und 2, Taf. LVIII) wo durch einen vor den offenen Bassins entlang gezogenen Hafendamm oder Wellenbrecher zwei und bei grosser Länge des letzteren ebensogut drei verschiedene Mündungen entstehen.

Für die einfache Mündung können nach dem Vorigen nachstehende, jedoch stets unter Berücksichtigung aller einzelnen Umstände zu befolgende Regeln aufgestellt werden:

1. Die Mündung soll von allen Theilen des Hafens am weitesten seewärts liegen, damit sie mit der geringsten Gefahr anzulaufen ist und damit das Schiff bei etwaigem Verfehlen der Mündung nach seitwärts Seeraum findet.

2. Die Einfahrtsrichtung soll bei genügendem Raum des Vorhafens mit der Richtung des heftigsten Seeganges zusammenfallen, damit das einlaufende Schiff von demselben geleitet und nicht seitwärts gegen die Wände der Mündung geworfen wird.

3. Sie soll bei ungenügendem Raum des Vorhafens einen spitzen Winkel bis etwa 70 Grad mit dem heftigsten Seegang bilden, aber alsdann nach der Seite, von welcher derselbe kommt, mit einem Flügeldamm gedeckt werden, damit das Schiff in dessen Schutz die Mündung einlaufen kann (siehe Bremerhafen Taf. LVII und Havre Taf. LVIII).

4. Die Mündung soll nie weiter sein als das sichere Einlaufen erfordert, damit innerhalb der Seegang möglichst geschwächt werde.

5. Nach der eigentlichen Mündung soll bald eine erhebliche Erweiterung folgen, damit die einlaufenden Wellen ihre Höhe und Kraft verlieren und damit die Schiffe die geeignetsten Wendungen machen können.

6. Die Mündung soll, wo noch heftiger Seegang stattfindet, nie von Aussen nach Innen sich trichterförmig verengen, weil dadurch eine Verstärkung der Wellen hervorgerufen werden würde.

7. Die am weitesten vortretenden Theile der Mündung sollen möglichst steil, eben und glatt sein.

Was nun die unter 4 erwähnte Weite noch besonders anlangt, so lässt sich wegen der in jedem Falle verschiedenen Bedingungen kein allgemeines und bestimmtes Maass dafür setzen. Als Minimum darf gelten, dass zwei der für den Hafen überhaupt in Frage kommenden grössten Schiffe darin sich bei ruhigem Wetter begegnen können und dass eins dieser Schiffe auch mit einigen Metern Abtrift und in etwas schräger Richtung noch bei Sturm oder starker Strömung unbeschädigt einlaufen kann. Es kommt dabei nicht sowohl die Breite des Rumpfes als vielmehr das seitliche Ueberstehen der Takelage in Betracht. Je kleiner nun die in Frage kommenden Schiffe, je günstiger die Einfahrt in Bezug auf vorbeilaufende Wellen und Strömungen, desto enger und zwar bis etwa 33^{m} kann die Mündung genommen werden, wenn dies zur Abschwächung der Wellen im Innern nothwendig scheint. Für sehr grosse Schiffe und ungünstige Verhältnisse genügt dagegen oft eine Weite von 100^{m} kaum.

Aus blossen Zusammenstellungen von wirklich vorkommenden Weiten, die zwischen 33^{m} bis 300^{m} schwanken, ist gar kein Anhalt zu gewinnen, wenn nicht auch alle Umstände im Einzelnen daneben angegeben werden und ein objectives

Urtheil darüber vorliegt, ob wirklich die vorhandene Weite zweckmässig ist oder nicht. Dass ausserdem nur von den an der offenen See liegenden Einfahrten hier die Rede gewesen ist, möge zur Vermeidung von Missverständnissen nochmals gesagt werden. Nach den vorgenannten Hauptregeln erscheinen nun solche einfache Mündungen mit seewärts convergirenden Molen, wie die in Fig. 6 und 8, Taf. LVIII und Fig. 7, Taf. LIX dargestellten des Amsterdamer Seecanals, des Hafens von Port-Said sowie der Tyne-Mündung ganz besonders günstig für das sichere Einlaufen der Schiffe, wobei als Nebenvortheil hinzukommt, dass sich gleich innerhalb die Wellen sehr abschwächen und dass eine grosse Anzahl Schiffe im Schutz der Molen Platz findet. Es ersetzt ein auf diese Weise gebildeter geräumiger Vorhafen zugleich eine Reede.

Als Nachtheil könnte dabei zwar erscheinen, dass derartige Bassins unter Umständen leicht versanden oder aufschlicken, doch ist gewiss unter Anwendung geeigneter Baggerung ein solcher Nachtheil nur gering im Vergleich zu den Vortheilen. Die in früheren Jahren üblichere parallele Lage der Molen, wovon in Fig. 7 und 11, Taf. LVIII der Hafen von Swinemünde und Calais Beispiele geben, ist im Wesentlichen aus dem Bestreben hervorgegangen, den Einfahrtscanal oder die Hafenstrasse durch die natürliche oder künstliche Spülung genügend tief zu erhalten. Es kann gewiss nicht geleugnet werden, dass an denselben Orten bei divergirender Richtung der Molen (von der Mündung abgerechnet), also bei Schaffung eines grösseren Bassins gleich hinter der Mündung, dasselbe einer grösseren Ablagerung ausgesetzt sein würde als der enge Canal, und dass mindestens die Hülfe von Baggern nothwendig geworden wäre, die jetzt vermieden ist. Vergl. § 17, 18 und 19. Dagegen ist aber bei allen solchen gleich breiten Canälen ein regelmässig auftretender Uebelstand, dass die in die Mündung gelangenden Wellen besonders die in grader Richtung eintretenden mit fast ungeschwächter Kraft in ganzer Länge den Canal, auch wenn dieser stark gekrümmt sein sollte, durchlaufen und dadurch die ein- und ausfahrenden sowie die etwa ausnahmsweise dort liegenden Schiffe sehr belästigen.

Gegen diesen Uebelstand hat man namentlich in französischen Hafeneinfahrten, z. B. in Havre und Calais (siehe Fig. 10 und 11, Taf. LVIII) an solchen Stellen, wo die Wellen besonders das Ufer treffen, durchbrochene Ufereinfassungen *(Jetées à claire-voie)* hergestellt, durch welche jede Welle zum Theil seitwärts eindringt und sich in einem kleinen Bassin möglichst todtläuft, während der vorbeilaufende Theil eine entsprechende Schwächung erleidet. Es wird jedoch, selbst wenn man diese Einrichtung an mehreren Stellen wiederholt, doch nie so viel dadurch erreicht, als durch eine erhebliche Verbreiterung des Vorhafens.

Ein weiterer Uebelstand der parallelen Einfahrtscanäle ist, dass die Schiffe, besonders die Segelschiffe, bei Weitem nicht so bequem ein- und ausfahren können, als wenn sie gleich innerhalb der eigentlichen Mündung einen grösseren Raum zur Bewegung haben. Aus dieser Rücksicht hat man z. B. in Havre sehr erhebliche Kosten nicht gescheut um nachträglich die Einfahrt gleich innerhalb der Mündung zu verbessern, wie dies in Fig. 10, Taf. LVIII durch die stark ausgezogenen Uferlinien angedeutet ist.

Das Ein- und Auslaufen grosser Segel- und Dampfschiffe war nämlich durch die südliche Seite des Vorhafens so erschwert, dass man sich vor einigen Jahren entschloss die ganze zwischen dem Vorhafen und dem alten Bassin de la Floride belegene Halbinsel bis auf den kleinen Rest innerhalb der starken Linien zu beseitigen. Dies ist seit etwa 1874 bis 1878 in der Weise geschehen, dass auf Interimsgleisen die ausgegrabene Erde in Prahme gefahren und von diesen ins offene Meer

geschüttet ist, während der Rest durch Baggerung beseitigt wurde. Der grössere Theil des Bassins de la Floride soll für Fischerfahrzeuge und Küstenfahrer, der durch einen Damm davon getrennte kleine Theil als Tide-Bassin für das Bassin de l'Eure dienen. Die nach aussen liegende Landzunge wird für Petroleum-Schuppen bestimmt. Die Kosten dieser Maassregeln belaufen sich nach dem Anschlage auf $7^1/_4$ Millionen Francs.

Das schwierige Einfahren zwischen parallelen Molen hat man in vielen Fällen noch dadurch zu erleichtern gesucht, dass man die nach der Seite des heftigsten Windes und Seeganges belegene Mole um einige Schiffslängen weiter vorspringen lässt als die andere, siehe Fig. 7 und 11, Taf. LVIII, Swinemünde und Calais. Es wird unzweifelhaft dadurch das Einlaufen und Auslaufen der Schiffe sowohl bei starkem Sturm als auch bei starker Küstenströmung erleichtert, weil das Schiff in jedem Falle einen grösseren Seeraum in der Mündung hat. Nachtheilig wird jedoch diese Anordnung hinsichtlich der Wellenbewegung nach dem Hafen zu, wenn zeitweilig ein starker Wind und Seegang von der Seite der kürzeren Mole her steht. Ebenso ist die Mündung der Versandung durch die Küstenströmung mehr ausgesetzt, gleichviel ob diese dauernd von der einen oder anderen Seite kommt oder ob sie wechselt. Hiergegen kann nur eine ausgehende starke Spülströmung schützen.

Eine nicht ausser Auge zu lassende Rücksicht bei der Anlegung von vorspringenden Molen zur Bildung einer Mündung und etwa eines reedeartigen Vorhafens ist überhaupt die zunächst von aussen eintretende Verlandung und die Verflachung der Mündung. Da nämlich solche Molen wie Buhnen (s. Cap. XV, § 6) wirken und den vom Küstenstrome bewegten Sand, Kies oder unter Umständen auch Schlick auffangen, so verschiebt sich je nach der Menge solcher Stoffe, der Stärke der Strömung u. s. w., in kürzerer oder längerer Zeit die alte Uferlinie nach der Seeseite hin derartig, dass endlich der äusserste Punkt der Molen davon erreicht wird. Wo die Strömung durch Ebbe und Fluth nahezu gleichmässig wechselt, werden beide Seiten fast gleichmässig davon getroffen; wo jedoch nur die Strömung von einer Seite vorherrscht, lagert sich vorzugsweise nur auf der der Strömung entgegengekehrten Seite und zunächst an der Wurzel der betreffenden Mole das Material ab, während ein anderer Theil desselben durch die Strömung um die äusseren Enden der Molen herumgeführt wird und an der stromabwärts gekehrten Seite eine Art Riff bildet.

Gegen diese Erscheinung ist durch directe Abwehr nichts zu machen. Man kann sie verzögern, indem man stromaufwärts das bewegliche Material durch Buhnen möglichst abfängt ehe es die Molen erreicht. In vielen Fällen wird man sich auf die Verlängerung der Molen wie auf ein unabwendbares Naturereigniss gefasst machen müssen. Dass bei einer erheblichen Materialbewegung die Mündung möglichst gegen directe Zusandung geschützt liegen muss, ist die wichtigste Aufgabe. Sie wird offenbar dadurch am besten erreicht, dass die Molen bis zur Mündung hin convergiren und zwar in der Nähe derselben stärker als Anfangs am Ufer. Vor allen Dingen muss bei der Bestimmung der Entfernung der Mündung von der alten Uferlinie nicht die augenblickliche Wassertiefe maassgebend sein, sondern die wahrscheinliche Veränderung innerhalb eines gewissen Zeitraumes in Rechnung gezogen werden.

Gegen die Verflachung der Mündung und eventuell einer grösseren Länge der Einfahrt, mag sie lediglich dem Küstenstrome, dem Schlickfall oder endlich, wenn der Hafen zugleich die Mündung eines Flusses bildet, den Sinkstoffen desselben zuzuschreiben sein, ist vorzugsweise nur die dauernde oder zeitweilige Spülung als Schutz zu gebrauchen, wovon in den §§ 17 und 18 specieller die Rede ist.

Ueber die nothwendige Höhe der Dämme in der Einfahrt gilt das nämliche wie bei den Wellenbrechern. Es muss der eigentliche starke Seegang wirksam dadurch gebrochen werden, weshalb die Höhe des höchsten Wasserstandes als Minimum erscheint. Soll aber, wie es in vielen Fällen der Zweck der Einfahrtsmolen ist, den Schiffen besonders bei der Einfahrt Hülfe geleistet werden, so muss bei ganz massiven Molen der eigentliche Unterbau mindestens 1^m über dem höchsten Wasserstande liegen und ausserdem mit einer sog. Brustwehr zum Schutze gegen hinüberschlagende Wellen versehen sein. Oder es wird auf einem massiven Unterbau von geringerer Höhe sowie endlich ohne jeglichen Unterbau ein durchsichtiges Gerüst von Holz oder Eisen angebracht, auf welchem die dem Schiffe zur Hülfe kommende Mannschaft verkehrt. Diese Hülfe besteht sowohl darin, dass vom Schiff aus ein Tau hingeworfen und um eine gewöhnlich am Kopf der Mole stehende Winde geschlungen wird als auch, jedoch seltener, darin, dass dem Schiff ein Tau zugeworfen und dieses vom Schiff aus etwa mit Hülfe der Schiffswinden angezogen wird. In beiden Fällen gewinnt das Schiff sowohl eine sichere Führung als auch, wenn es nöthig sein sollte, eine Ermässigung der Fahrgeschwindigkeit.

Die an verschiedenen Orten versuchte Anordnung nur die eine und zwar die dem heftigsten Winde und Seegang zugekehrte Mole bis zur vorgedachten Höhe zu halten und die andere vorzüglich nur zur Leitung der Strömung etwa bis zum gewöhnlichen Wasserstande aufzuführen, hat sich begreiflicherweise nicht bewährt, weil bei jedem von der Seite der letzteren Mole kommenden starken Winde die Einfahrt zu sehr dem Wellenschlage ausgesetzt ist. — Ueber die Bezeichnung der Hafeneinfahrten durch Tages- und Nachtmarken siehe Cap. XVIII.

§ 6. Bassins für verschiedene Zwecke. Im Allgemeinen ist die Bedeutung der verschiedenen Bassins bereits im § 2 und 3 angegeben. Es mögen hier die specielleren Erfordernisse und Eigenschaften eines jeden Bassins nach dessen besonderem Zweck ihre Besprechung finden.

Der Vorhafen eines Handelshafen ist als grösseres Bassin nur dann nothwendig, wenn er keine Reede vor sich und keinen Halbtidehafen hinter sich hat und wenn der Hafen im Wesentlichen aus geschlossenen Docks besteht. Er soll namentlich, wenn keine Reede vor dem Hafen vorhanden ist, zur Zeit des Dockverschlusses und vorzugsweise eine gewisse Zeit lang vor Hochwasser den aufkommenden Schiffen das Einlaufen und Liegen gestatten bis sie in die Docks gebracht werden können. Umgekehrt müssen in ihm auch alle ausfahrenden Segelschiffe, die in der Regel kurz vor dem Hochwasser ausgehen, durch Beisetzen der Segel oder durch Verbindung mit Schleppdampfern sich zur Abfahrt vorbereiten können. Endlich pflegen sowohl ankommende als abgehende Personendampfer, die oft eine feste — d. h. nicht von Ebbe und Fluth abhängige — tägliche Fahrzeit haben, nur in ihm anzulegen und ihre Passagiere einzunehmen.

Wenn der Vorhafen gleich unmittelbar hinter der äusseren Mündung und nicht etwa durch eine lange Hafeneinfahrt vom Meere getrennt liegt, so ist ausserdem noch erforderlich, dass die bei Sturm und etwa mit nachstehendem Wind und Seegang einlaufenden Segelschiffe den nöthigen Raum finden, um entweder beizudrehen oder unter Beibehaltung ihrer Hauptrichtung die Geschwindigkeit genügend zu mässigen. In beiden Fällen muss gewöhnlich durch Ankerwerfen völliger Stillstand gewonnen werden. Es ist dabei klar, dass im ersteren Falle vorzugsweise eine Erweiterung des Vorhafens nöthig ist, wogegen es im letzteren mehr auf eine grössere Länge

ankommt. Es dürften dazu beziehungsweise etwa mindestens 300m freie Breite und 2000m Länge erforderlich sein.

Wo diese Dimensionen nicht zu erreichen sind, muss man suchen die grosse Einfahrtsgeschwindigkeit auf andere künstlichere aber stets unsicher bleibende Weise zu mässigen. Dazu dient die bereits bei den Einfahrten erwähnte Vorrichtung auf dem einen oder anderen Molenkopf, oder das Schleppenlassen des Ankers, was nur bei reinem tiefen und nicht felsigen Grunde zulässig ist, oder in seltenen Fällen eine quer durch die Hafenmündung gespannte, auf dem Grunde liegende schwere Ankerkette, welche von dem Schiffsanker gefasst werden muss und endlich das Hinüberfahren oder Auffahren auf eine seichte Bank aus weichem Boden.

Wo ein bedeutender Fluthwechsel stattfindet, und nur dort pflegen in der Regel Vorhäfen nothwendig zu sein, ist es bei dem alsdann auch meistens vorkommenden starken Schlickfall nicht zu vermeiden, dass bei Niedrigwasser grosse Flächen entweder ganz trocken liegen oder wenigstens nur eine geringe Wassertiefe haben. Es ist nun dies für die meisten Zwecke des Vorhafens kein sehr fühlbarer Mangel, zumal die meisten kleineren Schiffe, wenn sie nicht ungünstig beladen sind, ohne Schaden auf dem ebenen und weichen Schlick aufsitzen dürfen und die grösseren Schiffe eben vorzugsweise nur zur Zeit des Hochwassers ein- und ausgehen. Es muss jedoch durch Spülung oder Baggerung dafür gesorgt werden, dass gewisse tiefere Rinnen stets vorhanden sind, in denen entweder ausnahmsweise auch grosse Schiffe bei Niedrigwasser flott bleiben oder etwa sehr regelmässig fahrende Personendampfer ein- und auslaufen können.

Wenn vor dem Hafen eine Reede liegt (siehe Fig. 1, 2, 4, 5 u. 6, Taf. LVII), so verliert dadurch der Vorhafen seine wesentlichste Bedeutung und entsprechend an Umfang. Er soll dann oft nicht viel mehr, als die Schleuse des Docks vor heftigem Wellenschlage, vor Eis u. s. w. schützen und ausserdem die eingehenden Schiffe völlig zur Ruhe kommen lassen, ehe sie die Schleuse passiren und den ausgehenden Schiffen eine kleine Frist geben, um nach dem Passiren der Schleuse Segel zu stellen oder sich mit dem Schleppdampfer zu verbinden. Die Lage und Form solcher kurzen Vorhäfen muss die einlaufenden Schiffe möglichst in Schutz vor dem heftigsten Winde und vor einer starken Querströmung bringen. So liegen z. B. die Vorhäfen von Bremerhafen möglichst geschützt gegen den dort am meisten zu fürchtenden Nordwest und zugleich so, dass die ein- und ausgehenden Schiffe am wenigsten von der Querströmung leiden. Mindestens ist aber den sehr kurzen Vorhäfen eine Abrundung der Ufer und eine etwas trichterförmige Gestalt zu geben, wie dies die verschiedenen Einfahrten in Liverpool und Hull erkennen lassen, siehe Fig. 2, 5 u. 6, Taf. LVII.

Wenn der ganze Hafen ein offener ist, so ist selten ein eigentlicher Vorhafen vorhanden. Nur gelten für den vorderen Theil des offenen Hafens hinsichtlich der Sicherung der einlaufenden Schiffe dieselben Bedingungen wie für einen Vorhafen. Es können z. B. für den östlichen und den älteren Theil des Hafens von Marseille (siehe Fig. 1, Taf. LVIII) der zunächst hinter *B* liegende Theil und für den westlichen Theil der hinter *D* liegende, demnächst ebenfalls als Bassin mit einzelnen Molen zum Löschen und Laden einzurichtende Theil als Vorhafen gelten.

Ueber die Mittel zum Festlegen der Schiffe im Vorhafen siehe § 10, sowie über sonstige Ausstattung, insbesondere Anlandevorrichtungen siehe § 9.

In solchen Häfen, vor denen ein grosser Fluthwechsel stattfindet und welche eine gute Reede besitzen, würde nicht allein ein offener Vorhafen weniger bedeutungs-

voll sondern gradezu unbequem sein, weil er bei Niedrigwasser nur für wenige Schiffe geeigneten Platz böte. Es ist deshalb der Halbtidehafen vorzüglich in England sehr gebräuchlich, weil dort die meisten Häfen an ziemlich geschützten Flussreeden liegen und, wie aus Cap. XV, § 16 zu ersehen, Intervalle von meist 4^m und darüber haben; siehe Fig. 5 und 6, Taf. LVII, Hafen von Liverpool. Die nöthige Sohlentiefe eines solchen Bassins ist unter dem Spiegel von annähernd halber Fluth offenbar leichter zu halten als in einem offenen Vorhafen. In einem Halbtidehafen laufen ferner die Schiffe nur mit sehr geringer Geschwindigkeit ein, so dass seine Grösse sich fast nur nach der Zahl der an Bojen, Dücdalben oder an den Mauern befestigten also ziemlich dicht nebeneinander liegenden Schiffen richtet, welche im Maximum während einer Tide ein- und auslaufen. Dass die äussere Dockschleuse, welche den Halbtidehafen vom Vorhafen oder der Reede trennt, eine sehr geräumige Weite haben muss, um den Schiffen mit grösster Bequemlichkeit und Sicherheit die Durchfahrt zu gestatten liegt sehr nahe, wogegen die dahinter liegenden Schleusen zu den eigentlichen Docks nur grade die eben ausreichende Weite zu haben brauchen, vergl. Cap. XVI, § 4.

Die Ausstattung des Halbtidehafens pflegt eine sehr einfache zu sein, weil die Schiffe in der Regel nur einige Stunden darin verweilen, nämlich bis den eingehenden sich die inneren Dockthore öffnen oder bis die ausgehenden nach der Oeffnung der Aussenthore die Umstände zum Ausfahren geeignet finden. Es sind deshalb keine ausgedehnten Speicher sowie meistens auch keine Lösch- und Ladevorrichtungen vorhanden.

Die eigentlichen Dockbassins oder schlechthin Docks gewähren den liegenden Schiffen die grösste Bequemlichkeit. Es wird in ihnen ein nahezu constanter Wasserstand von etwas unter gewöhnlicher Hochwasserhöhe gehalten, damit den Schiffen auch ohne Anwendung von Kammerschleusen vor dem Hochwasser genügende Zeit zum Ein- und Ausfahren verbleibt, gleichviel ob vor dem Dock nur ein offener Vorhafen oder ein Halbtidehafen liegt. Würde ein zu hoher Wasserstand etwa nach einer höheren Fluth gehalten, so könnte vielleicht bei der nächsten Tide das Oeffnen der einfachen Dockschleuse nicht möglich werden, wenn nicht wie bei einigen Häfen es der Fall, hierfür eine besondere schon einige Zeit vor Hochwasser wirksame Ausgleichsschleuse (in der Regel eine Art Siel) vorgesehen ist. Eine solche zweckmässige Einrichtung befindet sich z. B. in dem mittleren Dock in Bremerhafen. Das Auslassen des Wassers durch gewöhnliche Schützen u. s. w. nach eingetretenem Hochwasser würde bei starkem Fluthwechsel viel zu langsam gehen, wenn nicht jenen Schützen eine ganz enorme Grösse gegeben würde.

Vermöge jenes fast constanten Wasserstandes erhalten nun zunächst die Ufereinfassungen, Mauern u. s. w. eine nur unbedeutende Höhe über demselben, welche am besten etwa in der Höhe des Decks der vollbeladenen Schiffe liegen würde. Da indessen die Höhe der Mauern über der Sohle des Bassins ein sehr wesentlicher Factor für die Anlagekosten und da ferner die Höhe der Schiffsdecke sehr verschieden ist, so variiren die Uferhöhen in Docks von 1^m bis 3^m je nachdem kleinere oder grössere Schiffe daselbst verkehren. Ein besonderer Vorzug ausser der beschränkten Uferhöhe ist die constantere Hub- oder Fallhöhe für alle Lösch- und Ladevorrichtungen als bei wechselndem Wasserstande möglich ist.

Die Lage der Docks ist gewöhnlich eine sehr unregelmässige, weil diese Bassins meistens künstlich gegraben werden und dabei nach und nach entstehen.

Wo, wie in Liverpool oder auch in Bremerhafen und Geestemünde, die Docks an einem langgestreckten und ziemlich graden Flussufer entlang liegen, ist noch eine gewisse Regelmässigkeit vorhanden. Wo aber das Flussufer nicht eine solche Form hat, liegen auch die einzelnen Docks so, wie grade zur Zeit ihrer Entstehung für sie der Platz am geeignetsten und am billigsten zu haben gewesen sein mag, wobei gewiss auch manche Fehler der Kurzsichtigkeit begangen sind. Bei fast jedem grösseren, aus mehreren nicht in grader Linie liegenden Bassins bestehenden Hafen, sind die neueren Bassins bereits an die Stelle ganz anderer Anlagen getreten. So war z. B. noch vor 10 Jahren an Stelle des Bassins de la Citadelle in Havre die wirkliche Citadelle der Stadt, mit Wällen und Gräben umgeben.

An den stark gekrümmten Ufern der Themse bei London ergiebt sich, z. B. bei den West-India-Docks (siehe Fig. 9, Taf. XLIX), die äusserst vortheilhafte Lage dass die Docks von zwei Punkten des Flusses gleich bequem zugänglich sind, weil dieselben auf einer halbkreisförmigen Landzunge liegen. In ähnlicher aber viel grossartigerer Weise wird zur Zeit das weiter flussabwärts belegene und bislang nur von oben her zugängliche Victoria-Dock (s. Fig. 6, Taf. XLIX) mit einer neuen unteren Einfahrt versehen, wodurch den Schiffen der Weg um $5{,}6^{\mathrm{Km}}$ verkürzt wird.

Bei Häfen mit mehreren einzelnen Docks kommt es nun hinsichtlich mancher Einrichtungen noch besonders darauf an, ob der ganze Hafen, wie z. B. fast überall in Deutschland und Frankreich, unter einer Verwaltung und zwar ausserdem dann meistens der des Staats steht, oder ob, wie in England, die einzelnen Docks meistens auch einzelnen Gesellschaften gehören und unter deren Verwaltung stehen. Im ersteren Falle wird fast stets jedes einzelne Dock vorwiegend seine Bestimmung für den einen oder anderen Zweck haben, es werden namentlich die eingehenden und ausgehenden Güter wie in den betreffenden Speichern so auch in den Docks getrennt, so dass in dem einem Dock nur geladen, in dem andern nur gelöscht wird. Auch können Güter von besonderen Eigenschaften, insbesondere feuergefährliche, wie Petroleum und ähnliche, in besonderen Bassins gelöscht werden. So dient z. B. das unterste erst im Jahre 1876 vollendete Dock in Bremerhafen, der sog. Kaiserhafen, fast nur diesem Zweck. In ähnlicher Weise ist in Geestemünde am Ende des grossen Bassins ein besonderes, freilich nur durch ersteres zugängliches Bassin für Petroleumschiffe eingerichtet, siehe Cap. XVI, § 16. Eine Trennung nach anderen Rücksichten ist ferner die der im Ganzen werthvollere Ladung führenden Dampfer von Segelschiffen, der grossen Schiffe von den kleinen u. s. w.

Um jedoch bei derartigen Trennungen diejenigen Schiffe, welche etwa in dem einen Dock gelöscht und im benachbarten oder nächstfolgenden Dock wieder Ladung zu nehmen haben, nicht zu zwingen, den umständlichen und zeitraubenden Weg von Aussen herum zu machen oder um bei ausbrechendem Feuer die Rettung zu erleichtern, werden die benachbarten Docks mit offenen Canälen, häufiger aber durch Schleusen untereinander verbunden, siehe Liverpool, Bremerhafen, Havre. Die offene Verbindung würde unter Umständen nachtheilig sein können, z. B. wenn behufs Reparatur in dem einen Dock der Niedrigwasserspiegel oder gar ein künstlich darunter gesenkter Spiegel gehalten werden soll oder gar, wenn in Folge unerwarteter Beschädigung einer vorderen Dockschleuse das betreffende Dock plötzlich leer laufen sollte. Wenn jedoch die einzelnen Docks getrennten Verwaltungen zugehören, so ist eine derartige Verbindung seltener, und die Schiffe sind vorkommenden Falls genöthigt durch den Vorhafen und über die Reede das andere Dock aufzusuchen. Eine völlige

Trennung erscheint aber auch dann vortheilhaft, wenn z. B. das eine Dock als Spülbassin zum Spülen des Vorhafens benutzt und dadurch der Wasserstand in ihm zeitweilig oder öfter gesenkt wird, siehe §§ 17 und 18.

Dass alle Verbindungscanäle und Schleusen überbrückt werden müssen und zwar mit leicht beweglichen Brücken, versteht sich wohl von selbst. In England geschieht die Bewegung solcher Brücken vielfach durch hydraulische Maschinen, die mit den zur Bewegung der Schleusenthore und namentlich der Lösch- und Ladevorrichtungen dienenden Maschinen an einer gemeinschaftlichen Rohrleitung liegen. Vergl. auch Cap. XVI, § 16, Pontons.

In offenen Häfen entstehen nun ähnlich wie bei den Dockhäfen dadurch besondere Bassins, dass etwa vom festen Ufer aus Molen weit vorspringen, zumal wenn quer vor diesen eine andere Mole oder ein Wellenbrecher liegt. So sind z. B. die Häfen von Marseille und Triest, Fig. 1 u. 2, Taf. LVIII, in verschiedene Bassins getheilt, welche indess wie bei allen offenen Häfen dann auch offene Verbindungscanäle haben. Nur wenn der Hafen sich an einem Flusse entlang zieht, wie z. B. in Hamburg, siehe Fig. 1, Taf. LVII, kann zur Vermeidung einer zu Versandungen führenden Längsströmung im Hafen eine Schleuse nothwendig erscheinen. Wo dieselbe zu liegen hat, muss in jedem Falle von örtlichen Umständen abhängen. Es ist jedoch eine Kammerschleuse, wenn auch nur für Prahme und mastenlegende Schiffe eingerichtet, einer blossen Dockschleuse vorzuziehen, weil abgesehen von kurzen Zeiten während des Hoch- und Niedrigwassers, die Wasserstände immer verschieden sind. Die sehr sinnreich eingerichtete Schiebeschleuse im Hamburger Hafen ist im Cap. XVI, § 16 besonders besprochen worden.

Indem hinsichtlich aller übrigen im § 2 genannten, verschiedenen Zwecken dienenden Häfen von einer Eintheilung in einzelne Bassins nicht weiter zu sprechen ist, muss nur in Betreff der Kriegshäfen die jetzt zweckmässig scheinende Eintheilung noch kurz erwähnt werden.

Da bei Kriegshäfen die Zugänglichkeit eine der ersten Bedingungen ist, so wird bei der etwaigen Nothwendigkeit von Schleusen die Lage, Weite und Tiefe derselben mit besonderer Sorgfalt zu wählen sein. Ausserdem aber müssen auch die Schleusen so liegen, dass ihre Thore von Aussen her und aus einer solchen Entfernung, in welcher feindliche Schiffe noch trotz der Uferbefestigungen sich zeigen, nicht durch feindliche Kugeln zerstört werden können. Ferner ist allgemein eine Reede für jeden Kriegshafen fast unentbehrlich, ganz besonders aber, wenn der Hafen ein Dockhafen ist. Im Allgemeinen findet von der Einfahrt ab folgende Disposition statt: Zunächst der Einfahrt muss das Ausrüstungsbassin sich befinden, in dessen vorderem Theile die zum Auslaufen bereiten Schiffe liegen, in dessen hinterem Theile aber die Schiffe ausgerüstet werden. Hierzu sind auf dem betreffenden Ufer die erforderlichen Magazine anzulegen. Hinter diesem Bassin pflegt erst das Bassin für alle abgetakelten und in Reparatur befindlichen oder auch die im Bau begriffenen Schiffe seinen Platz zu haben. Es schliessen sich daran die Trockendocks, Hellinge u. s. w., sowie die sämmtlichen zu der eigentlichen Werft (d. h. im engeren Sinne: Schiffsbauanstalt) gehörenden Baulichkeiten, wie Schnürböden, Schmiede, Schlosser-, Zimmer- und Tischlerwerkstätten, Mastenhäfen, Seilereien u. s. w. In grösserer Entfernung liegen erst Kasernen, Spitäler und dergl. Gebäude, während meistens der ganze Hafen durch Mauern völlig von der Umgebung abgeschlossen ist.

Wenn ein Handelshafen nicht ganz neben dem Kriegshafen fehlt, so ist er

wenigstens nach den heutigen Ansprüchen möglichst getrennt von letzterem zu halten. Etwas Näheres über die neueren Anforderungen giebt Chiolich Löwensberg im § 69.

Es möge hier nur noch zur Erläuterung der in Fig. 3, Taf. LVIII und Fig. 8, Taf. LVII gegebenen Beispiele von Kriegshäfen eine kurze Bezeichnung der wichtigsten Stücke Platz finden.

Der Hafen von Willemsoord ist als Kriegshafen an die Stelle des in § 18 specieller erwähnten Hafens von Nieuwediep getreten, während der letztere jetzt reiner Handelshafen geworden ist. Die gemeinschaftliche Einfahrt für beide ist durch den künstlichen, das alte Ufer von der Zuider See abtrennenden Damm geschaffen, dessen 3375^m langer Arm aus Fig. 4 ersichtlich. Von dem durch die tägliche Ebbströmung tief erhaltenen Hafencanal, dem eigentlichen Nieuwediep, welches zwischen zwei Molen in das Marsdiep oder die natürliche Verbindung der Zuider See mit der Nordsee mündet, wird mit den hinterliegenden Docks von Willemsoord und Nieuwediep die Verbindung durch mehrere Schleusen hergestellt, von denen nur die untere Dockschleuse und Kammerschleuse in Fig. 3 sichtbar sind. Für den Kriegshafen dienen das grosse rechteckige Dock und die südlich davon belegene unregelmässig gestaltete Hafenfläche, während zu dem Handelshafen ausser dem nur im Anfange sichtbaren Theile noch der äussere sog. Helder'sche Canal und die südlich an den Nordholländischen Canal und an die in Fig. 4 punctirt angedeutete Eisenbahn angrenzenden Flächen gehören.

Von dem in Fig. 7 Taf. LVII dargestellten Kriegshafen Wilhelmshafen[2]) ist namentlich die Lage an dem Jadebusen in hohem Grade interessant, vergl. Cap. XV, § 16. Die wesentlichsten Theile des Hafens sind aus der Figur zu erkennen. Die zur Zeit nur erst projectirten Theile, wie die zweite Einfahrt, der Handelshafen und der sich aus diesem abzweigende Canal nach der Ems bei Emden sind durch punctirte Umrisse angedeutet. Die zweite Einfahrt soll aber nicht allein für den Handelshafen, sondern wesentlich auch zur grösseren Sicherheit des Kriegshafens dienen. Das Ausrüstungsbassin ist erst im Jahre 1878 nachträglich vergrössert. Die Kammerschleuse ist durch die Grösse ihrer Kammer auch als Halbtidebassin zu benutzen. Grosse Schwierigkeit bereitet der Vorhafen der älteren Einfahrt sowohl durch seine starke Aufschlickung als auch durch die fast rechtwinklig zur Küstenströmung liegende Richtung und durch die geringe Weite in der Mündung zwischen den beiden Molenköpfen. In den Bassins wird nahezu der Spiegel des ordinären Hochwassers gehalten, und nur zeitweilig durch Spülung mit den in der Schleuse vorhandenen und zu deren Reinhaltung dienenden Spülcanälen um etwa 1^m gesenkt. Das ordinäre Hochwasser ist $3^m,76$ über ordinärem Niedrigwasser = 0; die Kaimauern liegen auf $+ 5^m$, die Sohle der Bassins auf $- 5^m,3$, die Drempel der $20^m,7$ weiten Schleuse auf $- 4^m,7$.

Der in Fig. 7, Taf. LVII dargestellte Kriegshafen an der Kieler Bucht[3]) liegt am Ende derselben auf dem südlichen Ufer der Stadt Kiel gegenüber. Die punctirt gezeichnete alte Uferlinie ist nahezu beibehalten, weil dicht davor die nöthige Wassertiefe vorhanden war. Die Bassins sowie das sie umgebende Planum haben dagegen in eine bis etwa 20^m über Wasser liegende Anhöhe hineingegraben werden müssen. Die Bassins sind nach der See hin völlig offen, da das gewöhnliche höchste Wasser etwa $1^m,5$, das höchst bekannte $3^m,18$ über den mittleren Wasserstand steigt und das gewöhnliche bezw. das allerniedrigste Wasser 1^m bezw. $1^m,8$ unter den mittleren Stand fällt. Es liegen demnach die Oberkanten der Kaimauern auf $+ 3^m,45$ und die Sohle der Ausrüstungsbassins auf $- 10^m,6$, die des durch ein Ponton gegen Hochfluthen abschliessbaren Reparaturbassins auf $- 9^m,4$. Die mit Buchstaben bezeichneten Gegenstände bedeuten: *a* das Schwimmdock, *b* Verwaltungsgebäude, *c* Wohnung des Ober-Werftdirectors, *d* Gebäude zur Controlle der gelieferten Sachen, *e*, *f* und *g* Magazine für zu bearbeitende Materialien, *h* Spritzenhaus, *i* Schlosserei, *k* Holzschuppen, *l* Dielenschuppen, *m* Holzschneiderei, *n* Schnürboden, *o* Schmiede, *p* und *q* Werkstätten zum Bearbeiten und Biegen der Panzerplatten, *r* Schiffbau-Bureau, *s* Maschinen-Reparatur, *t* Giesserei, *u* Kesselschmiede, *v* Maschinenbau-Bureau, *w* Artillerie-Inventar, *x* und *z* Schuppen für leichtes und schweres Geschütz; *1* und *3* Ausrüstungs-Magazine für einzelne bestimmte Schiffe, *2* Kohlenschuppen, *4* Schöpfwerk für Trockendocks und für die Wasserversorgung, *5* Bootsschuppen, *6* Rundholz- und Masten-Schuppen, *7* Takelage- und Segelmacherei, *8* sog Brabank (d. h. Magazin für kleines Inventar), *9* Ketten-Probirmaschinen, *10* Hochreservoir, *11* Speiseanstalt, *12* Gasanstalt, *13* Kaserne. Ueber die aus der Figur erkennbaren

[2]) Siehe Deutsche Bauz. 1869. Kriegshafen an der Jade von Stocks.

[3]) Siehe Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1874 und 1876. Trockendocks und Hellinge von Rechtern und G. Franzius.

3 Hellinge am offenen Ufer und die 4 Trockendocks am Reparaturbassin siehe §§ 15 und 16. Nebenbei sei bemerkt, dass die Kieler Bucht durch mehrere zum Theil auf Anhöhen belegene Forts für feindliche Schiffe aller Wahrscheinlichkeit nach unzugänglich gemacht ist.

§ 7. Ufer. Form und Ausstattung. Es möge hier von allen solchen Ufern abgesehen werden, welche lediglich zur Begrenzung eines gewissen Bassins dienen, so z. B. von den Ufern des Vorhafens, des Halbtidehafens, sowie auch der Zufluchtshäfen und endlich solcher Bassins, welche lediglich zur Aufnahme der Schiffe während der Winterzeit dienen. In all diesen Fällen kommt es nur darauf an, dass die Schiffe kürzere oder längere Zeit sicher liegen können, wogegen das Ufer selbst höchstens mit zur Befestigung der Schiffe dient. Es darf also in diesen Beziehungen nur auf § 10 und 14 Bezug genommen werden.

Die Ufer der eigentlichen inneren Hafenflächen dagegen haben noch den Zweck, das möglichst rasche und bequeme Löschen und Beladen der Schiffe zu ermöglichen. Wie bereits im § 1 erwähnt, werden in dieser Hinsicht in neuerer Zeit ungleich höhere Anforderungen an die Häfen gestellt, weil sowohl die Zeit der Schiffe, namentlich der Dampfer, eine viel kostbarere geworden, als auch der Arbeitslohn der Hafenarbeiter seit etwa zwei Jahrzehnten auf das doppelte gestiegen ist. Die Lebensfähigkeit manches Hafens und damit zugleich der darauf angewiesenen Handelsstadt hängt jetzt vorzugsweise mit von den vollkommenen Einrichtungen zum Löschen und Laden ab.

Es darf deshalb hier auch von den veralteten Methoden abgesehen werden, wobei die Ladung etwa mit Ausnahme einzelner grosser und besonders schwerer Lasten auf dem menschlichen Rücken ans Land oder ins Schiff getragen wurde, oder wo allein die Hebevorrichtungen der Schiffe (siehe Fig. 9, Taf. XLVI) das Löschen und Laden besorgen. Dieselben werden bei grossen Dampfern allerdings durch Dampf bewegt, reichen jedoch meistens nur eben über Bord und sind vorzugsweise nur für die etwaigen Bedürfnisse während der Fahrt bestimmt. Ebensowenig gehört hierher das früher in vielen, jetzt nur noch in sehr wenigen Häfen übliche Verfahren, dass die grossen Schiffe ohne am Ufer zu liegen ihre Ladung in kleine Fahrzeuge, Leichter, Prahme u. s. w. überluden und von diesen erhielten. Diese Einrichtung ist unter Umständen nothwendig, wenn das Schiff „Havarie gemacht“ hat und vor dem Erreichen des Hafens gelichtet werden muss oder wenn ein Schiff mit voller Ladung eine Barre nicht würde passiren können. Endlich sollen auch von der specielleren Betrachtung die sog. Ueberladevorrichtungen ausgeschlossen werden, welche aus einem im Hafenbassin stehenden Gerüst oder schwimmenden Ponton bestehen und mit Hülfe beweglicher oder fester Krähne eine Ueberladung zwischen See- und Flussschiff ermöglichen.

Es sollen hier vielmehr nur die einen intensiven Verkehr und daher eine möglichst rasche Abfertigung der Schiffe sowie eine ebenso gute An- und Abfuhr der Waaren auf dem Lande voraussetzenden Einrichtungen besprochen werden.

Die verschiedenen Formen der Uferlinien verdanken mehreren Rücksichten ihre Entstehung. Der Zweck des sicheren Anlegens und des bequemeren Löschens und Ladens erfordert eine parallele und möglichst nahe Lage der Schiffe zum Ufer, daher für alle grösseren Schiffe möglichst grade Linien oder so sanfte Biegungen, dass sie eben in dieser Hinsicht nicht merklich sind. Der einfachste Fall ist die gradlinige Einfassung eines an einer genügenden Wassertiefe liegenden Ufers. Derartige Einfassungen mit einigen Anbindevorrichtungen bilden noch heute in kleinen,

namentlich an Flüssen belegenen Handelsplätzen die ganzen Hafenanstalten und haben für grosse Häfen sehr oft den wirksamen Anfang gemacht. An der See würde eine solche Einrichtung gegen den Wellenschlag und Wind nicht den nöthigen Schutz bieten, und sind hier zuerst und besonders am Mittelmeere die vortretenden Molen entstanden. Diese gewähren schon bei vereinzelter Lage nicht nur den Schiffen bald mehr an der einen bald an der anderen Seite Schutz, sondern zugleich die Gelegenheit, im tieferen Wasser zu liegen und Waaren ein- und auszuladen.

Sobald nun zwei solcher Molen in der Nähe vorhanden sind, entsteht dadurch ein vom freien Wasser abgegrenztes Bassin, bei dem es nahe liegt durch Convergenz der Molen oder durch Anbringung eines Querflügels oder endlich eines besonderen Dammes vor der freien Seite einen völligeren Abschluss zu geben.

Anders verhält sich die Entstehung der Uferform eines Dockhafens. Hier ist im Allgemeinen die Form eine beliebige und nur vorzugsweise durch den disponiblen Raum bedingte, sobald die Mündungsstelle oder die Schleuse und Einfahrt bestimmt sind.

Ausser der Entstehungsart äussert nun namentlich in neuer Zeit die Art des Verkehres oder die Benutzung und der Ausstattung des Ufers einen Einfluss auf dessen Form. In dieser Beziehung können vier verschiedene Fälle unterschieden werden. Es geht die Waare direct vom Schiff an's Land und auf gewöhnliches Landfuhrwerk, oder zweitens direct auf Eisenbahnwagen, oder drittens erst durch einen Schuppen zur etwaigen Sortirung und Umpackung, Wägung, Verzollung u. s. w., sodann aus dem Schuppen auf Land- oder Eisenbahnfuhrwerk oder endlich zunächst in Speicher zur längeren Aufbewahrung und von dort ins Schiff zurück oder auf Eisenbahnfuhrwerk u. s. w. In allen vier Fällen erfordert die umgekehrte Bewegung die nämlichen Anordnungen bis auf die etwa zum Absetzen der Güter unter Umständen etwas leichter einzurichtenden Ladevorrichtungen. Diese vier Verkehrsarten finden nun in einem grösseren Hafen meistens nebeneinander statt, und es fragt sich dann in jedem Falle, ob sie getrennt zu halten oder theilweise zu vereinigen sind. Je grösser und regelmässiger der Verkehr, desto vortheilhafter wird die Trennung sein. Da jedoch an vielen Plätzen durch die wechselnde Lage des Handels bald die eine, bald die andere Verkehrsart vorwiegt, so ist eine theilweise Vereinigung insbesondere des zweiten und dritten oder zweiten und vierten Falles meistens vortheilhaft. Diese Combination ist bei weitem die häufigste und kommt dabei vorzugsweise eine zweckmässige Lage der Eisenbahngleise, der etwaigen Schuppen und Speicher und der Ladevorrichtungen in Betracht. Bei allen Gleisanlagen ist eine möglichst intensive Benutzung und die Vermeidung langer und wenig befahrener und namentlich unnütz zu befahrender Strecken eine Hauptaufgabe neben einer einfachen und übersichtlichen Disposition der einzelnen Gleisgruppen. Schon hiernach ist eine grosse Längenausdehnung des Hafens gewiss nicht ohne Nachtheile und erscheint im Allgemeinen eine solche Anordnung, wobei aus den Hauptgleisen in gewissen Abständen sich Ladegleise annähernd unter einem rechten Winkel abzweigen, zweckmässiger, als wenn auch die Ladegleise der von dem Ausgangspunkt aus dem Hauptgleise entfernteren Hafentheile an den näher gelegenen Theilen vorbeigeführt werden.

Diese Rücksicht trifft in den meisten Fällen zusammen mit der Rücksicht auf die eigentlichen wasserbaulichen Anlagen, welche lediglich zum Schutze der inneren Hafentheile zu dienen haben. Es kommt nämlich in dieser Beziehung fast stets darauf an, dass mit möglichst geringer Länge der äusseren Begrenzung des Hafens

gegen die See oder die Reede u. s. w. ein möglichst grosser Raum zum Löschen und Laden gewonnen werde. Es ergiebt sich deshalb zunächst für alle durch künstliche Mittel, wie Wellenbrecher u. s. w., geschützte offene Häfen eine ähnliche Anordnung wie in Marseille und Triest gewählt ist, siehe Taf. LVIII. Es treten hier vor einer verhältnissmässig kurzen Länge des alten Meeresufers lange, zungenförmige Molen rechtwinklig vor, welche an jeder Wasserseite ein doppeltes Gleis zum Laden und zum An- und Abfahren der Wagen und zwischen den Gleisen noch geräumige Schuppen tragen. Dabei dienen die 3 ein jedes Bassin begrenzenden und im Zusammenhange stehenden künstlichen Ufer gleichmässig dem Anlegen sowie Löschen und Laden der Schiffe.

Auch in New-York ist nach Fig. 10, Taf. LIX durchweg das System der vortretenden Molen oder Ladezungen in Anwendung, wodurch aus der disponiblen Länge des eigentlichen Ufers eine sehr viel grössere Kailänge gewonnen ist.

In Hamburg musste mit Rücksicht auf die bei Ebbe viel Sand führende Strömung der Elbe den neuen Bassins eine stromabwärts gerichtete Mündung gegeben werden, siehe Fig. 1, Taf. LVII. Demzufolge ziehen sich auch die Bassins langgestreckt in fast grader Linie schräg zum Flussufer, welches mit Rücksicht auf die Fluthwelle ein möglichst glattes sein musste und nicht durch zahlreiche Vorsprünge unterbrochen werden durfte.

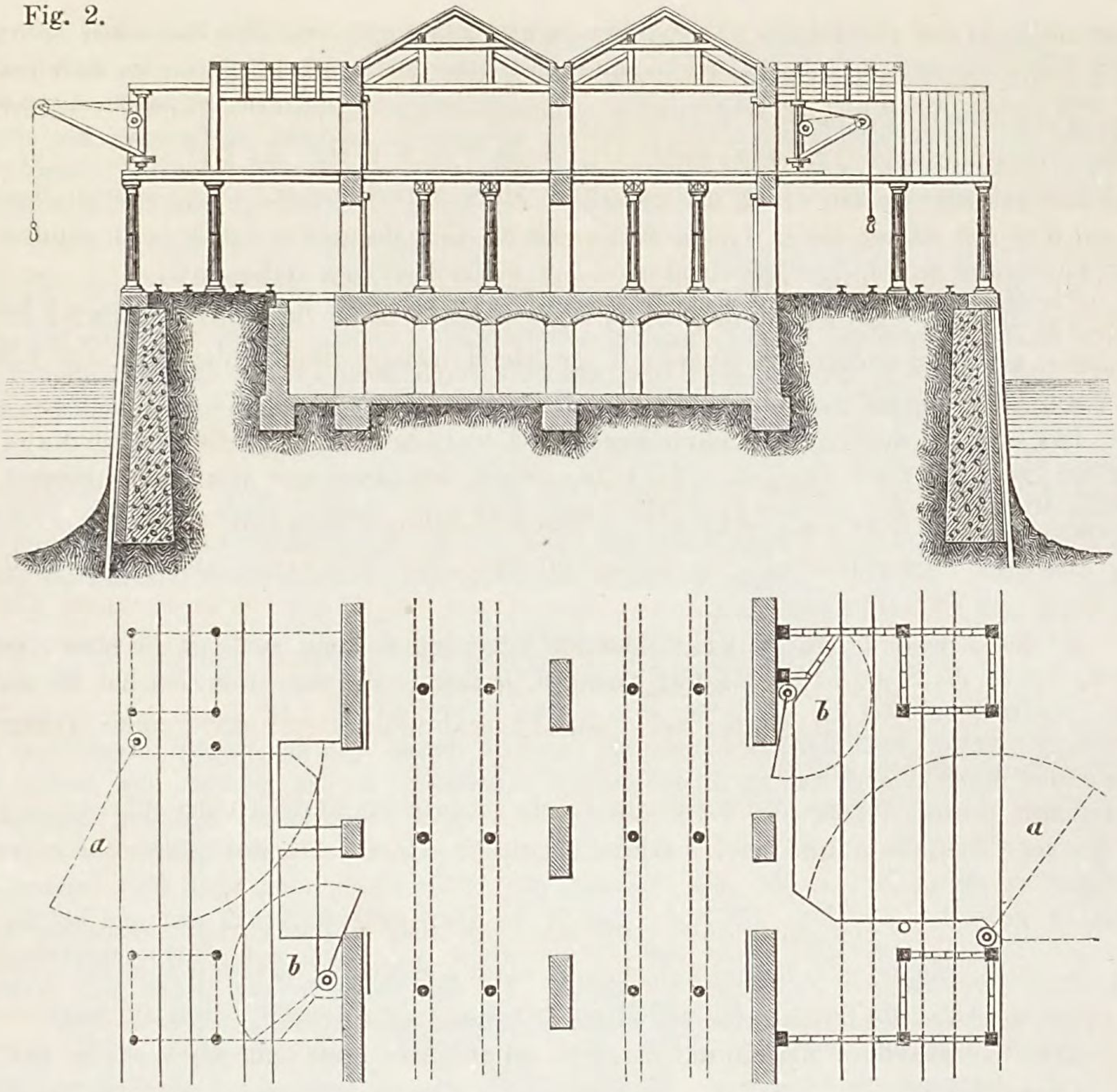
Man kann übrigens die zwischen dem Sandthore und Grasbrookhafen liegende, mit grossen Schuppen und vielen Gleisen belegte Fläche als eine grosse Zungenmole ansehen, siehe Fig. 3, Taf. LVII.

Solche Zungenmolen können namentlich an ihrer Spitze verhältnissmässig schmal sein, wenn sie nur mit Eisenbahngleisen versehen sind, während sie bei etwaigem Verkehr mit Landfuhrwerk (z. B. Mole St. Carlo in Triest) schon mindestens 20^m breit und bei etwaiger Aufnahme von Schuppen zweckmässiger etwa 50 bis 80^m breit sein müssen.

In Dockhäfen kommen höchst selten solche Zungen vor, weil sich jene in der Regel und meistens zweckmässigerweise vom Hauptufer rechtwinklig ins Land ziehen, also nur wenig Breite des Hauptufers erfordern, ferner weil sie als gegrabene Bassins am vortheilhaftesten lang und schmal sind, siehe § 6. Eine regelmässige und zwar rechteckige Form empfiehlt sich dabei meistens schon mit Rücksicht auf die Anlagen von Gleisen und Schuppen, weil fast bei jeder Unregelmässigkeit ein gewisser Raum nutzlos geopfert werden muss.

Wo aber die Dockbassins eine sehr bedeutende Grösse haben, wie z. B. das Victoria-Dock in London Fig. 6, Taf. LIX, oder wo die Uferlänge und damit auch die Gleislänge schon eine übermässige Ausdehnung gewonnen hat, wie z. B. in Liverpool, hat man auch in Docks solche vortretende Zungen angeordnet. Das Victoria-Dock hat ohne den in der Regel als Halbtidehafen dienenden 7^{Ha} grossen vorderen Hafen eine Fläche von 26^{Ha} und eine Uferlänge von 2300^m. An der einen Langseite sind 135^m lange und 42^m breite Zungen angebracht, die nach dem nachstehenden Querschnitt Fig. 2 (S. 999) an jeder Seite 2 Gleise und dann einen 24^m breiten Schuppen oder Speicher tragen. Die Wasserfläche zwischen den Zungen ist 135^m breit, so dass dort ein grosses Schiff am Hauptufer liegen kann, ohne mit den zu beiden Seiten an den Zungen liegenden zwei Schiffen zu collidiren. Dabei erscheint jedoch die Wasserfläche im Vergleich zur Uferlänge noch reichlich gross (s. w. u.). Die interessante Construction der Schleuse und Ufermauern ist in Cap. XVI, § 12 besprochen worden.

Fig. 2.



In Liverpool (siehe Fig. 5, Taf. LVII) bietet das zu den neueren Anlagen gehörende Huskisson-Dock mit seinen zwei rund 80 und 70ᵐ breiten und eine etwa 80ᵐ breite und 360ᵐ lange Zunge umfassenden Armen ein sehr zweckmässiges Beispiel eines Docks mit Zungen, indem dabei sowohl die Wasser- als auch die Landflächen vortheilhaft ausgenutzt sind und eine Verbindung mit der vorbeiführenden Eisenbahn in einfachster Weise erreicht ist.

Ein sehr hervorragendes Beispiel von der Anordnung des Ufers in Zungenform bietet die Erweiterung des Hafens von Vlissingen, welche in Fig. 3, Taf. LIX dargestellt ist.

Der südwestliche Theil dieses Hafens, der innerhalb der Stadt liegt, ist bereits im Anfange des vorigen Jahrhunderts vorhanden und zugleich Flottenstation der holländischen Kriegsmarine gewesen, jedoch seit etwa 10 Jahren, ähnlich wie der Hafen von Nieuwediep, jetzt gänzlich zum Handelshafen gemacht. Zugleich ist seitdem dieser äusserst günstig gelegene Hafen durch seine Erweiterungen zu einem Hafen ersten Ranges erhoben, trotzdem dass der bedeutende belgische Hafen Antwerpen nicht weit entfernt und 90ᴷᵐ landeinwärts liegt. Die aus Taf. XLIV im Allgemeinen erkennbare Lage an der Mündung der tiefen Wester-Schelde sichert dem Hafen von Vlissingen wohl absolut ein stets genügendes Fahrwasser, und zwar um so mehr, seit auf Grund eines internationalen Schiedsspruches vom Jahre 1867 die Abdämmung der Oster-Schelde dicht unterhalb ihrer Abzweigung von der Wester-Schelde, etwa 27ᴷᵐ unterhalb Antwerpen, erfolgt ist. Diese Abdämmung[4]) sollte zwar hauptsächlich eine grössere Beständigkeit in den mehrfach verzweigten Wasserläufen der Schelde hervorbringen, zugleich dient

[4]) Vergl. Deutsche Bauz. 1867 und Zeitschr. f. Bauw. 1869.

sie aber auch um auf einem festen, über 3,5^{Km} langen Erddamme von 4^{m},7 Höhe über Springfluth die von Vlissingen nach dem Festlande führende Eisenbahn zu tragen. Beiläufig sei noch erwähnt, dass, zum Ersatz der durch die Abdammung den verschiedenen Schiffahrts-Interessen entstandenen Nachtheile, die Wester-Schelde mit der Oster-Schelde quer durch die Insel Süd-Beveland hindurch mit dem Schiffahrtscanal von Hansweert verbunden worden sind. Dieser 9,15^{Km} lange Canal besitzt eine Spiegelbreite von 42^{m},5, eine Lichtweite der beweglichen Brücken von 16^{m}, eine Minimaltiefe von 6^{m},5 und ist an seinen beiden Enden mit Kammerschleusen versehen, weil zwischen den beiden Flussarmen erhebliche Ungleichheiten in den Tideverhältnissen vorkommen.

Zur Herstellung des Eisenbahndammes von dem auf der Insel Walcheren liegenden Vlissingen nach der Insel Süd Beveland ist der zwischen beiden Inseln liegende, bis zu 12^{m} unter Springfluth tiefe und 1000^{m} breite Meeresarm, die Sloe, ebenfalls durchdammt mit nur etwa 2 Millionen Mark Kosten und in der kurzen Zeit von 10 Monaten.[5]) Zur allgemeinen Orientirung sei endlich noch erwähnt, dass sich ein neuer 7^{m},45 tiefer Seecanal von Vlissingen über Middelburg nach Veere quer durch die Insel Walcheren hinzieht, welcher nicht allein den Meeresarm Sloe ersetzt, sondern auch die Stadt Middelburg für grössere Seeschiffe völlig zugänglich macht. Diese Stadt war früher nur durch einen offenen, Ebbe und Fluth haltenden Canal mit der Oster-Schelde bei Veere in genügender Weise verbunden. Die Fluthverhältnisse sind in der Hauptsache folgende: 3^{m},6 Intervall bei gewöhnlicher Fluth und 4^{m},3 bei Springfluth.

Zu den Erweiterungsbauten des Hafens von Vlissingen sind nun zunächst die alten Festungsanlagen, welche die Stadt halbkreisförmig umgeben, benutzt und zwar einstweilen nur die östlichen Theile derselben, während die westlichen noch für die in Fig. 3, Taf. LIX durch hellere Schraffirung kenntlich gemachten zukünftigen Erweiterungen reservirt bleiben. An den bereits ausgeführten neuen Anlagen sind ebenfalls noch gewisse Erweiterungen vorgesehen, so das zwischen den beiden Eisenbahnstationen liegende Bassin, die Verbreiterung des zweiten Binnenhafens und des Eingangs zum Middelburger Canal, die Anlage eines Trockendocks bei *H* u. s. w. Von den fertigen neuen Anlagen sind besonders hervorzuheben der neue Vorhafen mit 13,5^{Ha} Fläche und einer 160^{m} breiten durch zwei Molen gedeckten Einfahrt. Die Molen sind in der alten holländischen Manier und bei der nicht sehr exponirten Lage zweckmässig nur aus Buschunterlage und einem mit grossen unregelmässigen Steinblöcken abgepflasterten Erdkörper hergestellt. Vor den Molen entlang ziehen sich dreireihige Pfahlwerke, an deren Vorderseite eine von eisernen Consolen unterstützte Laufbrücke liegt.

Bei der erwähnten Fluthdifferenz von 3^{m},6 bei ordinärer Fluth hat der Vorhafen eine Tiefe von 6^{m},7 bei ordinärem Niedrigwasser. Die Binnenhäfen dagegen besitzen bei gewöhnlichem Wasserstande von nahezu ordinärer Fluth eine Tiefe von 8^{m},25. Die Verbindung zwischen dem neuen Vorhafen und den Binnenhäfen geschieht durch zwei nebeneinander liegende Kammerschleusen mit doppelten Fluth- und Ebbethoren (vergl. Cap. XVI, § 3). Die grössere derselben bei *B* ist 20^{m} weit, 146^{m} zwischen den correspondirenden Thoren lang und 8^{m},1 auf dem Drempel bei gewöhnlicher Fluth tief. Die Nebenschleuse *C* für kleine Schiffe hat 8^{m} Weite, 60^{m} Länge und 4^{m},6 Tiefe. Von gleicher Weite, jedoch geringerer Länge und Tiefe wie die grosse Schleuse, ist die zur Verbindung mit dem Middelburger Canal dienende zweischiffige Kammerschleuse, deren Thore übrigens nur nach dem Hafen hin kehren.

Weil im ganzen Hafen einschliesslich der alten Theile sich 26 Schleusenthore befinden, so ist bei *J* des Planes ein eigenes Reparaturdock ähnlich wie ein Schiffstrockendock für diese Thore erbaut. Dasselbe wird mit einem Schleusenthor gegen den Hafen geschlossen und enthält an zwei Seiten je drei verholmte Pfahlwerke, deren Oberfläche reichlich 1^{m} unter dem gewöhnlichen Hafenwasser liegt. Der zu reparirende Thorflügel wird schwimmend in das Bassin und über eine solche Reparaturbank geschafft, das Schleusenthor wird geschlossen und darauf der Wasserstand mit Hülfe eines unterirdischen Canals mit dem äusseren Ebbewasser in Verbindung gesetzt, worauf sich der Thorflügel von selbst auf die trockenlaufende Bank legt.

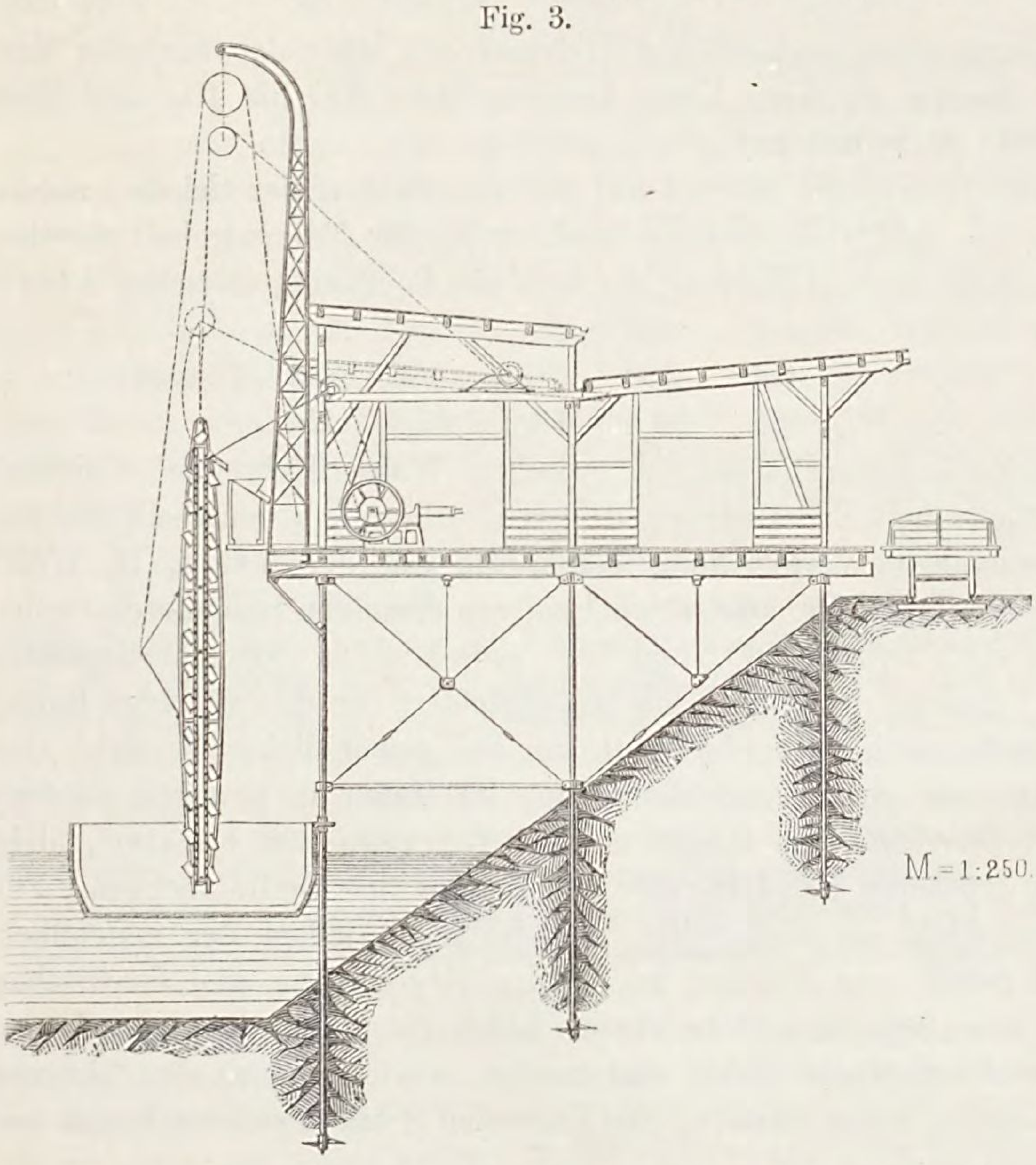
Während in dem fertigen neuen Hafen die Ufer und Speicheranlagen besonders den neuen Hamburger Anlagen ähnlich sind, gleicht das projectirte 30^{Ha} grosse Binnenbassin mit seinen Zungenkais ganz dem in Fig. 6, Taf. LIX dargestellten älteren Victoria-Dock in London. Auch wie bei diesem ist mit der Anlegung von Kaimauern sparsam verfahren, indem die neuen 24,9^{Ha} Oberfläche enthaltenden Binnenbassins einstweilen nur mit 1700^{m} Kaimauern, im Uebrigen aber vorläufig nur mit geböschten Ufern versehen sind. Es sind ferner in dem neuen Vorhafen 400^{m} Kaimauern hergestellt

[5]) Rziha, „Eisenbahn-Unter- und -Oberbau" giebt eine Beschreibung der Durchdämmungsarbeiten.

und in dem alten, 6^{Ha} grossen sog. Marine-Dock etwa 1100^{m} hölzerne Bollwerke vorhanden, so dass die totale Kailänge der grösseren Bassins, ohne die der älteren Anlagen, 2800^{m} beträgt. Die gesammte Oberfläche der Binnenhäfen beträgt zur Zeit etwa 33^{Ha} und kann mit den angedeuteten Erweiterungen auf 73^{Ha} gebracht werden. Endlich sei noch die bei *A* in dem neuen Vorhafen befindliche Anlande-Vorrichtung für Menschen und Vieh erwähnt, welche nach dem Muster der auf Taf. LVII angedeuteten grossartigen Vorrichtung in Liverpool erbaut ist. Vergl. § 9.

Nach diesen Beispielen erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass in der Zukunft die Anordnung von Zungen viel allgemeiner werden dürfte und zwar vorzugsweise mit Hülfe leichterer und wohlfeilerer Constructionen als den bisher üblichen Kaimauern. Es bilden bekanntlich die Kosten der Kaimauern eines Bassins in der Regel den grössten Theil der Gesammtkosten und man scheut sich mit Recht die Länge der ersteren über das mit grösster Wahrscheinlichkeit eintretende Bedürfniss zu vergrössern. Würde man aber entweder, wie es z. B. in den Victoria-Docks in London geschehen, eine billigere Uferbekleidung anwenden, oder gar die Ufer nur in natürlichen Böschungen lassen und mit Hülfe von eisernen Pfählen (Schrauben- oder Scheiben-Pfählen) die obere Uferkante sowie die Oberfläche von Zungenkais herstellen, so würden dadurch weit geringere Anlagekosten bei gleicher Länge des nutzbaren Ufers oder umgekehrt grössere Uferlängen bei gleichen Anlagekosten gewonnen werden.

Fig. 3.



Ausser den geringeren Kosten solcher nur auf Pfählen ruhenden Zungenkais würde noch der Vortheil oft sehr wesentlich ins Gewicht fallen, dass das Wasser unter ihnen fast gar nicht in seinen Verhältnissen geändert wird, dass also in den einzelnen zwischen den Zungen gebildeten Liegeplätzen der Schiffe keine Ablagerung entsteht. Dies wird namentlich bei allen Flussufern und offenen Häfen, in denen der Küstenstrom bemerkbar ist, von Bedeutung sein. Aber auch selbst wo keine Zungen vortreten, kann es wenigstens eine gewisse Zeit lang vortheilhafter sein, nur eine natürliche Böschung und darüber auf eisernen Pfählen einen Kai nebst Schuppen u. s. w. herzustellen, wie dies z. B. in dem oben skizzirten Fall (s. Fig. 3) in Bremen geschehen ist.

Die auf Taf. LIX nur in den Grundrissen dargestellten Zungen für Kohlengleise und Sturzvorrichtungen aus dem Hafen zu Richmond, Sunderland und Shields geben Beispiele, wie auch für andere Ladungen, wenn auch in etwas veränderter Weise auf das Billigste grosse Uferlängen gewonnen werden können.

Man könnte versucht sein eine allgemeine Regel aufzustellen über das Verhältniss der Uferlänge zu der zugehörigen Wasserfläche namentlich bei Dockhäfen, bei denen die letztere völlig begrenzt ist. Es kann hierüber vorzüglich die in lebhaften Häfen gemachte Erfahrung einigen Anhalt geben, wenn in diesen constatirt worden ist, wie viel Tonnen Ladung auf einer Flächeneinheit des Hafenbassins und vor der Längeneinheit der Lade-Ufer in einem Jahre aus- oder eingeladen worden sind. Nach einem von Th. Stevenson auszüglich gegebenen Bericht Ure's über die Erweiterung des Hafens von Glasgow vom Jahre 1854 kommen im Durchschnitt aus den Häfen zu Glasgow, Southampton, Liverpool, St. Katharine's Dock in London etwa 20000 in einem Jahre aus- oder eingeladener Tonnen auf 1 Acre Bassin bei etwa 150 bis 400^{T} auf 1 Yard Kailänge, oder etwa 50000^{T} auf 1^{Ha} und etwa 135 bis 360^{T} auf 1^{m} Kai. Dies giebt etwa 370 bis 140^{m} Kailänge auf 1^{Ha} Bassin.

Nach einer anderen Zusammenstellung Stevenson's über das factische Verhältniss verschiedener Bassins zu ihren Ufern kommen etwa 200 bis 400 engl. Fuss auf 1 Acre oder 150 bis 350^{m} Kai auf 1^{Ha}.

Stevenson stellt ferner eine Formel auf für die Zahl n der Schiffe, welche im Hafen auf 1 Acre ($= 0{,}4^{Ha}$) zu rechnen sind, wenn ihr Tonnengehalt durch t ausgedrückt wird, nämlich $n = \frac{1000}{t} + a$, worin a ein Coefficient zwischen 4 bis 5 ist. Danach kommen:

Schiffe von	100	200	300	400	500	Tonnen
auf 1^{Ha}	35	22,5	18,2	16,2	15.	

Aus den vorstehenden Vergleichungen zwischen Wasserfläche und Kailänge kann schon die Verschiedenheit der Breiten der Hafenbassins beurtheilt werden. Eine directe und anschauliche Vergleichung bieten die auf den Taf. LVII, LVIII und LIX enthaltenen Situationen. Danach schwanken, von einzelnen besonderen Stellen abgesehen, die Breiten etwa zwischen 80^{m} und 120^{m} zwischen den gegenüberliegenden Kai's. Wenn man die Takelage der Schiffe mit berücksichtigt für den nöthigen Raum, den ein Schiff der Breite nach zu fordern hat, um bei gewöhnlicher Vorsicht sich neben anderen Schiffen ohne gegenseitige Berührung im Hafen zu bewegen, so darf man für die kleineren Seeschiffe, als Briggs u. s. w. von etwa 300 bis 400^{T}, nicht unter 20^{m} und für die grösseren Handelsschiffe nicht unter 30^{m} Breite rechnen. Für wirkliche Hafenbassins reicht es aber völlig aus, wenn an jedem der gegenüberliegenden Kais je ein Schiff zum Löschen und Laden liegen kann und dazwischen noch für zwei Schiffe zum Begegnen Platz bleibt. Letzteres ist für die ganze Länge des Bassins nicht einmal unbedingt nöthig und genügt es vielmehr an den hinteren Enden geschlossener Bassins, wenn zwischen den liegenden Schiffen sich noch eins frei bewegen kann.

Da die Schiffe nicht ohne Gefahr rückwärts aus geschlossenen Bassins in das der Strömung oder dem Winde ausgesetzte offene Wasser fahren dürfen, so ist endlich an dem vorderen Theile der Bassins die Breite so gross zu nehmen, dass auch ein grösstes Schiff wenden kann. Zum Wenden ist aber selbst im Hafen, wo das Schiff nur eine passive Bewegung, d. h. durch von Aussen anzubringende Taue u. s. w.

annehmen darf, mindestens das anderthalbfache der grössten Länge des Schiffes an freiem Raum erforderlich, weil es ohne ausserordentliche Anstrengung und Vorsicht nicht möglich ist, ein Schiff genau um seinen Mittelpunkt zu drehen. Würde also für kleinere bezw. die grössten Schiffe im Uebrigen die Breite von 80 bis 120^{m} völlig genügen, so erfordern dieselben bei einer Länge von etwa 60 bis 100^{m} zum Drehen einen freien Raum von 90 bis 150^{m}. Es muss dabei von den localen Umständen abhängen, ob die Wendestelle auch an den Ufern zum Liegen der Schiffe dienen soll oder nicht. Am günstigsten wird die Kreuzung zweier Flächen oder die Abzweigung eines Seitenbassins dazu benutzt, vergl. Fig. 2, 4 und 5, Taf. LVII.

Wie bereits erwähnt hängt die Ausstattung der Ufer sehr nahe mit ihrer Form zusammen und bedingt die letztere in manchen Fällen zum grossen Theil. Mit Bezug auf die oben unterschiedenen vier Haupttheile des Verkehrs am Ufer möge nun noch besonders die Ausstattung jedoch ohne Befestigung der Schiffe und ohne die Ladevorrichtungen besprochen werden.

Wo nur Landfuhrwerk zum Transport der Waaren von und zum Schiff verwandt wird, ist nur eine gute Abpflasterung des Ladeplatzes erforderlich. Wenn sich dabei eine gute (z. B. unterirdische) Abführung des Regenwassers herstellen lässt, so ist eine schwache Neigung von der Uferlinie nach binnen zur Sicherung des Verkehrs erwünscht.

Wo nur direct zwischen Schiff und Eisenbahnwagen verladen wird, sind zwei, besser aber drei verschiedene Gleise nothwendig, das erste als sog. Ladegleis, die zwei anderen zur An- und Abfuhr voller und leerer Wagen. Soweit als möglich sollten die beiden letzteren Gleise für Locomotivbetrieb zugänglich sein, was bei dem Ladegleis jedoch nicht von Nutzen sein würde. Je mehr Verbindungen der Gleise durch Weichen oder Drehscheiben, desto leichter wird der Betrieb. Eine eigenthümliche Ausbildung erhalten die Gleise bei den grösseren Anlagen zum Verstürzen der Steinkohlen in die Schiffe. Hiervon geben die vorhin schon erwähnten auf Taf. LVI dargestellten Anlagen aus dem amerikanischen Hafen Richmond und den englischen Häfen zu Shields und Sunderland charakteristische Beispiele.

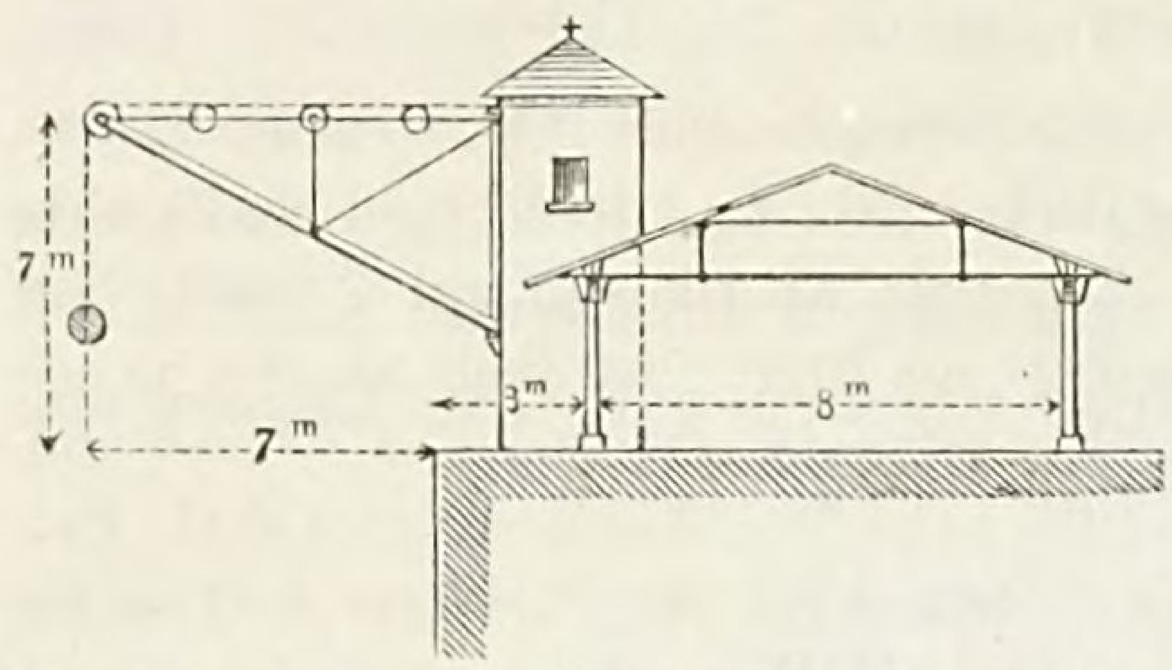
Der in Fig. 2, Taf. LIX gegebene Grundriss ist nur etwa der dritte Theil des am Delaware-Flusse liegenden Kohlenbahnhofs der Philadelphia-Reading-Bahn in Port Richmond bei Philadelphia. Fast die ganze Anlage dient dem überseeischen Kohlenverkehr. Nur etwa bis zum Aufhören der Curven liegen die Gleise auf einer durch eine Stützmauer gegen den Strom geschützten Erdanschüttung. Von da ab werden die Gleise nach dem Wasser hin nur durch Holzgerüste unterstützt, welche mit Bohlen bekleidet sind und zugleich als Lagerräume für 180 000^{T} Kohlen dienen können. In der Regel jedoch wird die Kohle direct von den Eisenbahnwagen in die Schiffe gestürzt. In der Figur sind nur 8 Kaizungen sichtbar, doch sind davon im Ganzen 21 von verschiedener Ausdehnung vorhanden, an denen gleichzeitig 120 grössere und kleinere Schiffe Platz finden und laden können. Die grössten Schiffe (bis zum Jahre 1876) hatten 1500^{T} Tragfähigkeit, doch sollten doppelt so grosse allein für diesen Zweck gebaut werden.

Wo Schuppen oder Speicher mit Eisenbahngleisen zusammen vorkommen, können zunächst zwei wesentlich verschiedene Combinationen eintreten. Es liegen entweder die Schuppen oder Speicher zunächst am Ufer und dahinter die Gleise, oder die Lage ist die umgekehrte. Bei letzterer Anordnung kann in verschiedener Weise sowohl zwischen Schiff und Gleis als auch zwischen Schiff und Schuppen eine directe Communication erreicht werden.

Die erstere Combination, wobei zunächst dem Ufer Schuppen oder Speicher und erst dahinter die Gleise liegen, entspringt aus dem Umstand, dass in den meisten Fällen die Waaren vor ihrer Verladung ins Schiff oder in die Wagen erst durch

jene Gebäude zu gehen haben, um sortirt, in ihrer Verpackung nachgesehen, gewogen oder etwa auch verzollt zu werden. So sind z. B. sämmtliche auf den Fig. 5 und 6, Taf. LVII dargestellten Anlagen in Liverpool (Huskisson, Wellington und Princes-Dock), ebenso die Westindia-Docks in London (Fig. 9, Taf. LIX) eingerichtet. Von den letzteren zeigt die nebenstehende Fig. 4 einen Querschnitt. Die an einem kleinen Thurm von etwa 7^m Höhe an einer Ecke angebrachten hydraulischen Krahne stehen 45^m von einander entfernt, haben etwa 8^m Auslegerweite von ihrem Drehpunkte, und schlagen bis unter das Dach des etwa 3^m vom Ufer stehenden Schuppens. Letzterer, auf je 3^m von einander entfernten eisernen Säulen stehend, ist im Fussboden mit eisernen Platten belegt. Die vordere etwa 1^m breite Abdeckung der Kaimauern ist nach Innen geneigt um das Abrollen oder Gleiten von Waaren nach dem Wasser hin zu verhindern.

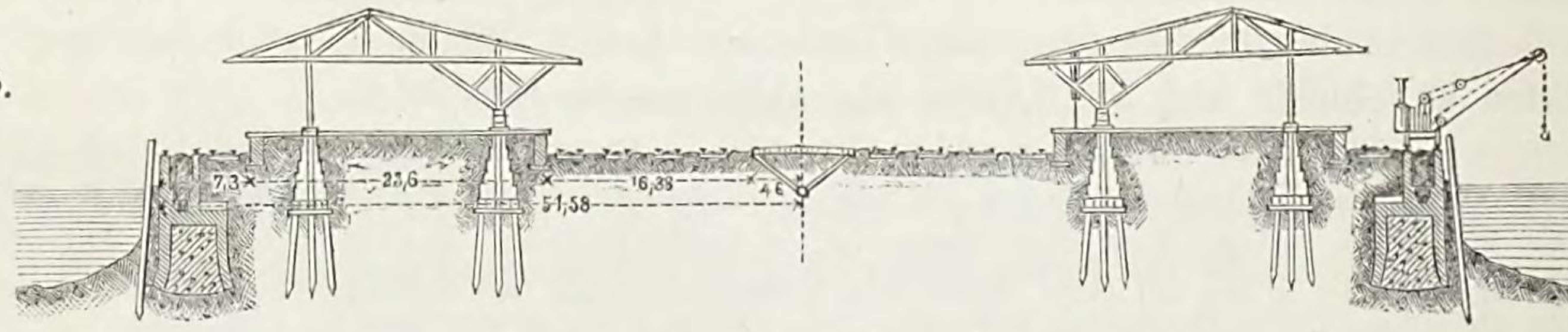
Fig. 4.



In einer ähnlichen Weise dient auch der in Fig. 3, S. 1001 bereits mitgetheilte Schuppen am sog. Sicherheitshafen zu Bremen, über dessen eigenthümliche Ladevorrichtungen noch im § 8 die Rede ist. An dem sog. Weserbahnhof zu Bremen findet die gleiche Anordnung statt, wobei jedoch statt des leichten Schuppens massive Gebäude auf einer Kaimauer stehen.

Von der zweiten Combination giebt Fig. 3, Taf. LVII ein Beispiel von den neuen Hafenanlagen Hamburgs, wozu die nachstehende Fig. 5 den Verticaldurchschnitt zeigt. Es liegt dabei am Ufer zunächst das etwa 2^m,3 breite Gleis für die transportablen Dampfkrahne, dahinter ein Eisenbahnladegleis, welches durch Schiebebühnen quer durch die Schuppen hindurch mit den hinter diesen liegenden Gleisen verbunden ist. Die Schiebebühnen sind durch leichte Klappen überbrückt.

Fig. 5.

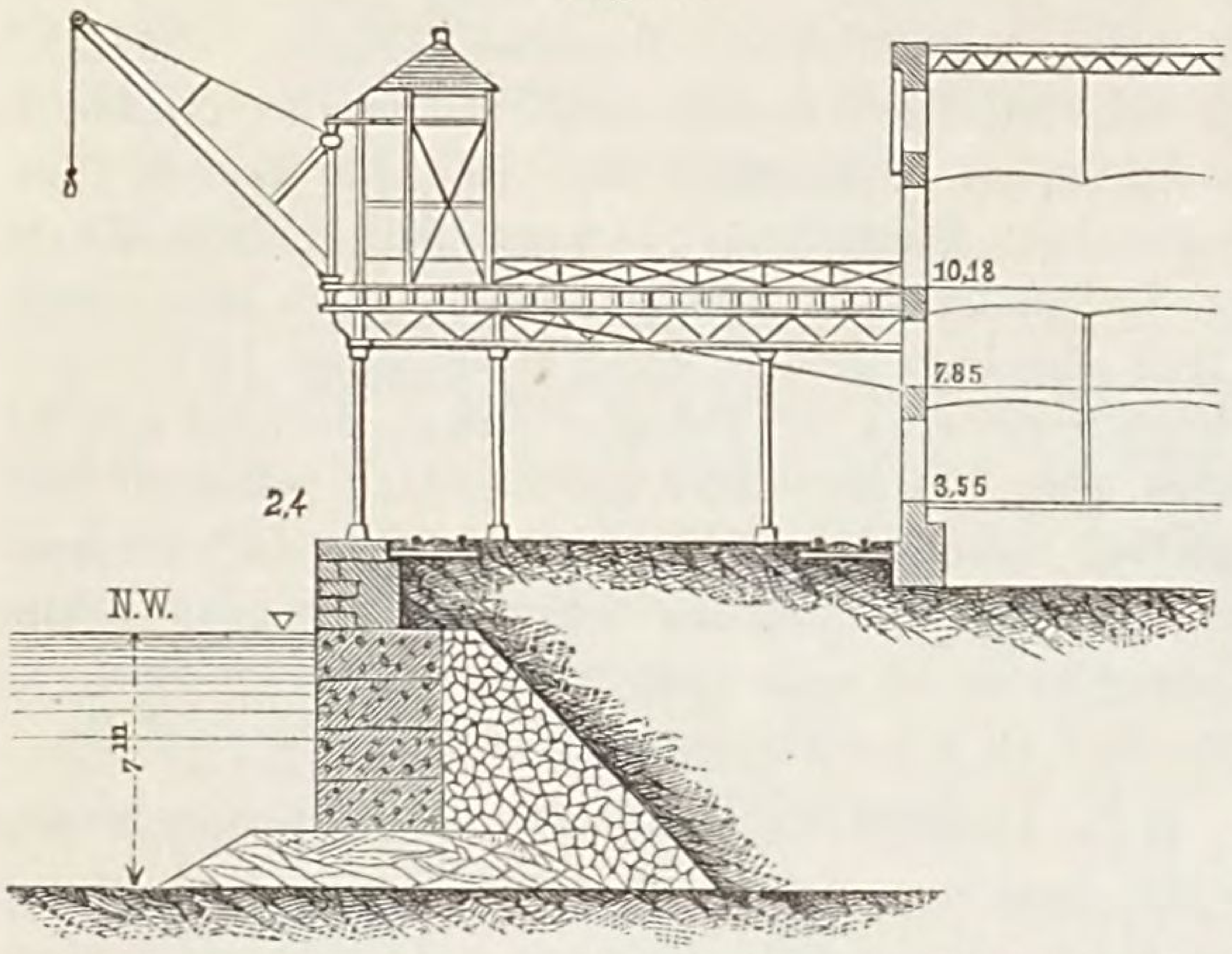


Das erste der hinter dem Schuppen liegenden Gleise dient zum Auf- und Abladen solcher Güter, welche durch den Schuppen hindurch gehen müssen; die zwei anderen zur An- und Abfuhr voller und leerer Wagen. Zwischen den beiderseitigen Gleisreihen liegt eine breite Fahrstrasse, welche zur Verbindung jener Gleisreihen an einzelnen Stellen durch schräge Gleise durchschnitten ist. Die transportabeln Dampfkrahne (siehe § 8) können sowohl auf die vor dem Schuppen stehenden Wagen als auch auf den in Wagenhöhe liegenden und durchweg mit Eisenblechplatten belegten Fussboden des Schuppens laden. Die Schuppen sind nach der Wasserseite völlig offen, so dass an jeder Stelle ein Krahn thätig sein kann, nach der Landseite dagegen durch Wände von Wellblech mit grossen Rollthüren verschlossen. Um sie bei ihrer sehr leichten Construction und ihrer dem Winde zugänglichen Oeffnung vor dem Auffliegen zu schützen, sind die einzelnen gusseisernen Säulen mit ihrem Fundament verankert.

In der bereits auf S. 999 befindlichen Fig. 2 ist die an den vorhin besprochenen Zungenkais der Victoria-Docks in London getroffene Anordnung der Gleise und des aus drei Etagen bestehenden Speichers dargestellt. Der 24^m breite Speicher hat in je 60^m mittlerer Entfernung an jeder Seite zwei hydraulische Krahne a und b, von denen der eine zum Laden zwischen Schiff und Speicher, der andere zwischen Speicher und dem zweiten Gleis dient. Das erste oder vordere Gleis kann ausserdem direct von dem ersten Krahn a bedient werden. Beide Gleise kommen von Drehscheiben in

dem am ganzen Dockbassin entlang laufenden Hauptgleise und sind an dem Ende des Zungenkais durch Weichen miteinander verbunden. Höchst wahrscheinlich befinden sich neben jenem Hauptgleise noch andere durch Weichen damit verbundene Gleise zum An- und Abfahren voller und leerer Wagen.

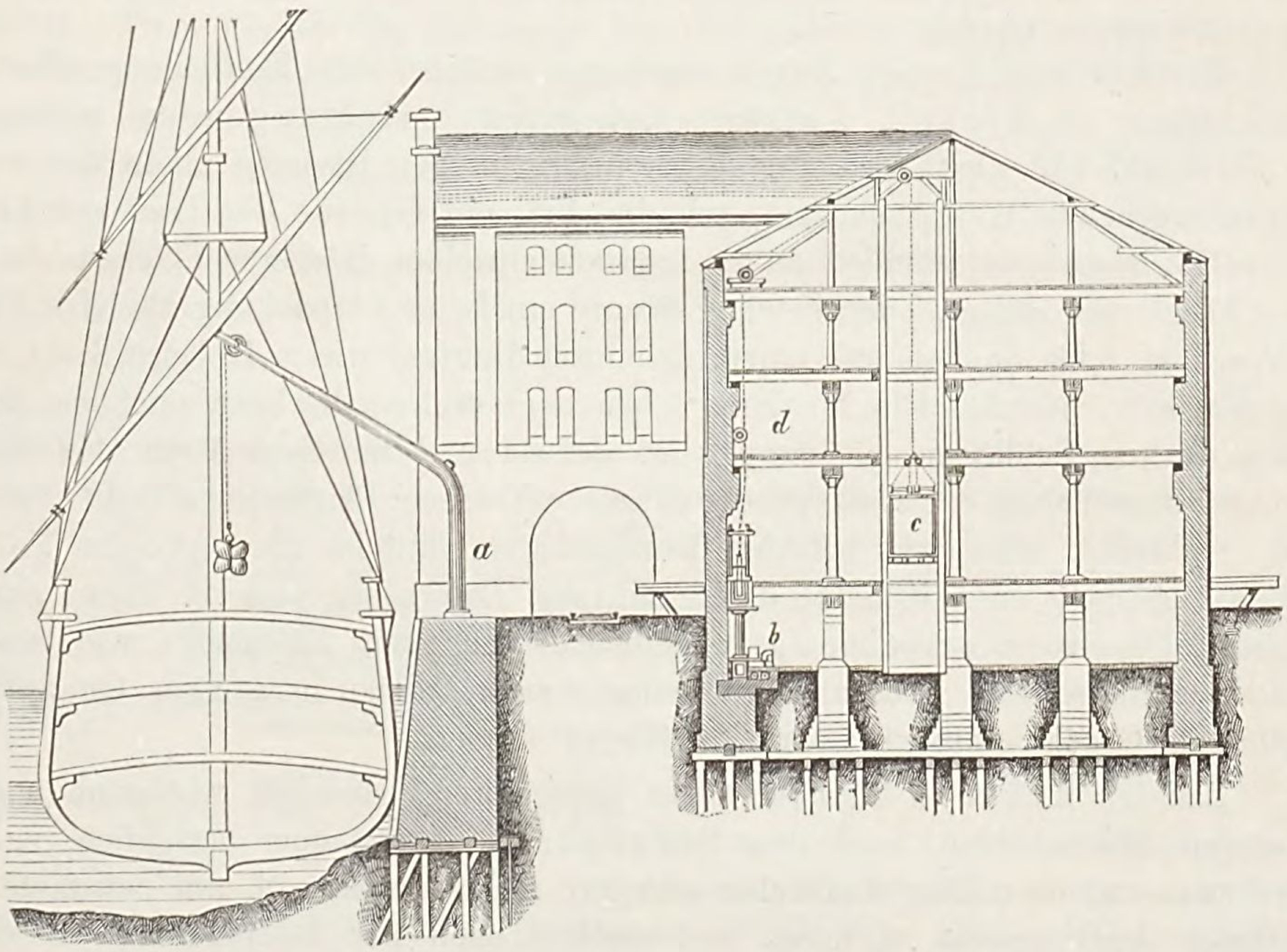
Fig. 6.



Die nebenstehende Fig. 6 zeigt die an dem Bassin de la Joliette zu Marseille vorkommende Anordnung, wobei zwei Gleise, eins hart am Ufer, eins dicht an dem in seinem Hauptkörper reichlich 10^m davon entfernt liegenden Speicher vorhanden sind. Zwischen beiden liegt die Fahrstrasse. Der auf einem kleinen Thurme und über dem ersten Gleise stehende hydraulische Krahn ladet sowohl in die Wagen des ersten Gleises als auch auf die von dem Thurme bis zum Speicher reichende Brücke, von welcher die eine Hälfte horizontal in das oberste Geschoss, die andere mit einer Neigung in das darunter liegende Geschoss des Speichers führt.

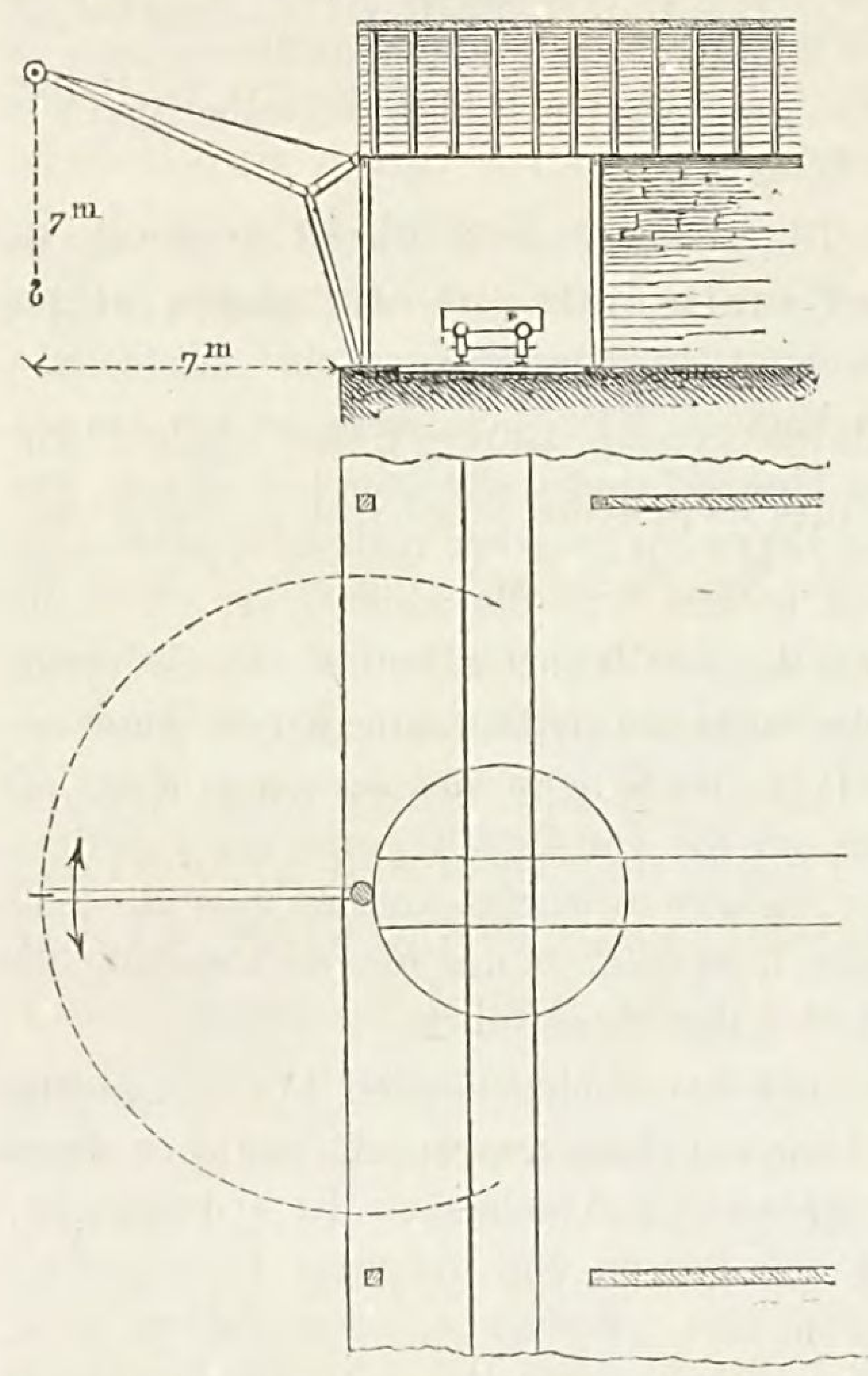
In Geestemünde ist nach Fig. 2, Taf. LVII und nach der nachstehenden Fig. 7 zunächst zwischen den drei Speichern (zollfreie Niederlage) und dem Ufer ein Gleis angebracht, welches durch Drehscheiben mit den anderen Gleisen verbunden ist. Die auf dem Ufer stehenden 10 hydraulischen Krahne können sowohl in die Eisenbahnwagen als auch auf den Perron und die erste Etage, sowie in die Kellerluken des Speichers die Lasten absetzen oder von dort empfangen. Die Thüren bezw. Luken sind in der Fig. 7 nicht mit angegeben. Die Speicher sind mit einem Querbau, unter welchen jedoch das Eisenbahngleis hindurch geht, bis unmittelbar an die Kailinie geführt, um eventuell auch direct aus den Bodenluken löschen und laden zu können. Ueber die im Innern der Speicher angebrachten Aufzüge *b c d* siehe folgenden Paragraph.

Fig. 7.



Eine sehr einfache Verbindung von Gleis und Schuppen zeigt die nachstehende Fig. 8 (S. 1006) aus dem an der Mündung des Humber liegenden Hafen Gr. Grimsby. Etwa 70^m von einander stehen hydraulische Krahne in der Mitte eines etwa 18^m breiten Vorsprunges der Schuppen, durch

Fig. 8.



welchen Vorsprung hindurch das Ufergleis geführt ist. Hinter jedem bis über das Gleis schlagenden Krahn befindet sich eine Drehscheibe zur Verbindung jenes Gleises mit den hinter den Schuppen liegenden Gleisen. Auffallend und wohl nicht zweckmässig dabei ist, dass der Fussboden des Schuppens in Gleishöhe liegt. Zu der zweiten Combination der Gleise und Schuppen darf endlich die in Fig. 4, Taf. LVII dargestellte Anordnung am Albert-Dock in Hull gerechnet werden, wobei die einzelnen 120m langen Schuppen mit etwa 90m Zwischenräumen zunächst am Ufer stehen, aber von den hinter ihnen entlang geführten zwei mehrfach verbundenen Gleisen sich in jedem Zwischenraum ein Gleis bis ans Ufer zu dem dort stehenden Krahn schlängelt. Es ist zwar nicht gezeichnet, jedoch anzunehmen, dass auch vor den Schuppen sich Krahne befinden.

§ 8. Ladevorrichtungen. Die Ladevorrichtungen besitzen eine so hervorragende Bedeutung für die Leistungsfähigkeit eines Hafens und sind in ihrer Anordnung und Bedienung so mannigfaltig, dass ihre gelegentliche Besprechung bei der Einrichtung des Ufers nicht genügen kann. Dagegen muss bei der nachfolgenden Behandlung derselben wieder von allen Einzelnheiten der Construction und des Betriebes abgesehen und in dieser Hinsicht auf den Band IV dieses Handbuches „Baumaschinen", ferner auf Cap. III des 4. Bandes des Handbuchs für specielle Eisenbahn-Technik und endlich auf sonstige Lehrbücher über Maschinenbau Bezug genommen werden.

Für den vorliegenden Zweck erscheint zunächst eine Eintheilung aller Ladevorrichtungen in Krahne, Aufzüge und Sturzvorrichtungen am passendsten. Für die Wahl und die Anordnung dieser Vorrichtungen ist nicht allein der von der Last zu machende Weg, sondern auch die Art und Grösse der Last von Einfluss. Namentlich ist zu unterscheiden ob die Last aus einzelnen grösseren Stücken von einer festen Form, wie Hölzer, oder in einer Waare mit fester Verpackung als Kiste, Tonne, Sack u. s. w. oder endlich aus einem formlosen Haufen, wie z. B. Korn, Salz, Erzen, Kohlen u. s. w. besteht. Die Krahne heben oder senken die Last, nachdem dieselbe mittelst Haken, Schlingen, Kübeln u. s. w. gefasst und an einer Kette befestigt ist. Die Aufzüge heben die Last in der Regel auf einer Plattform mittelst Seil oder Kette senkrecht, oder wie bei den Kornaufzügen mittelst einer grossen Zahl von kleinen Scheiben oder Kübeln, d. h. mit sog. Paternosterwerk in etwas geneigter Richtung. Die Sturzvorrichtungen endlich dienen dazu, Massengut, wie besonders Kohlen, Gesteinsarten, Erze u. s. w., sodann auch Ballast in grosser Quantität mit möglichster Geschwindigkeit in die Schiffe zu stürzen.

Bei den Krahnen kann man zur bequemeren Uebersicht wiederum nach drei Principien unterscheiden, nach dem Standpunkt ob fest oder beweglich, nach der Construction, ob völlig, theilweise oder gar nicht drehbar, ob mit constanter oder variabeler Auslegerweite u. s. w. und endlich nach der Betriebskraft, ob mit Menschenhand, Dampf, Wasserdruck, Gas u. s. w. betrieben. Diese verschiedenen Principe laufen bei den einzelnen Krahnen derartig durcheinander, dass zu gleichen Zwecken dienende Krahne bald sich nur in einem bald in allen jener drei Beding-

ungen unterscheiden. Die geeignetste Wahl bleibt daher stets eine schwierige, nur mit Hülfe gründlicher Kenntniss des Verkehrs sowie des maschinellen Constructions- und Betriebsdetails zu entscheidende Frage. Denn die Vorzüge der einen Gattung an einem Orte können unter Umständen an einem anderen Orte durch die locale Verschiedenheit des Verkehrs oder der Bedingungen für die Betriebskraft sich in Nachtheile verwandeln. Im Nachfolgenden können daher nur die einzelnen allgemeinen Vorzüge jeder Art hervorgehoben werden.

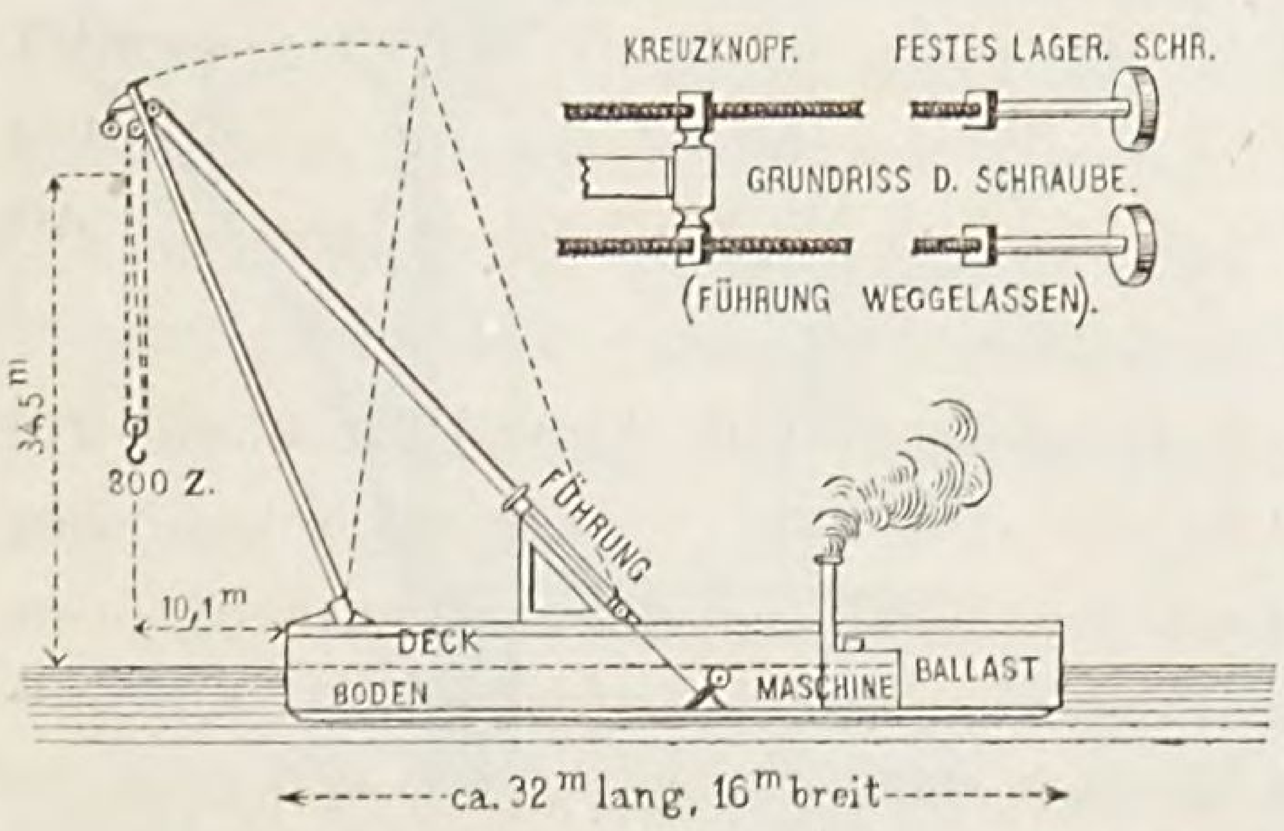
Die festen Krahne sind stets billiger als gleich grosse bewegliche, daher am Platze, wo entweder nur ein geringer vorübergehender Verkehr stattfindet, oder wo es nur auf selten vorkommende grosse Lasten z. B. Schiffskessel, Kanonen u. s. w. ankommt, oder endlich auch bei frequenter Benutzung dann, wenn sie in grosser Zahl vorhanden sein müssen und mit einer centralen Betriebskraft namentlich Wasserdruck bedient werden können. So stehen in kleinen Häfen oft nur einige feste Krahne mit Handbetrieb, weil sie eben zum Löschen und Laden der vereinzelt kommenden Schiffe genügen. Wo ein grösserer Verkehr stattfindet, müssen die festen Krahne mindestens etwa in 40 bis 50^m Entfernung stehen, um für die Hauptluke eines mittelgrossen Segelschiffes benutzt werden zu können. Diesen Entfernungen werden dann auch die Oeffnungen, Thüren, Luken u. s. w. der Schuppen und Speicher entsprechen.

Wenn aber, wie für viele Häfen in neuerer Zeit, der Verkehr mit Dampfschiffen besonders zu beachten ist, so erscheint bei lebhaftem Betrieb die feste Stellung nicht mehr geeignet. Die Dampfschiffe haben eine wesentlich grössere Länge als gleichtragfähige Segelschiffe (siehe Cap. XIV, § 33) und dabei in der Regel mindestens zwei für die Ladung bestimmte Deckluken. Ihre Liegezeit pflegt viel kürzer bemessen zu sein und deshalb ein möglichst rasches Be- und Entladen zu fordern. Es erscheint also bei ihnen am vortheilhaftesten durch zwei Luken mit zwei Krahnen zugleich zu löschen und zu laden, und wegen der verschiedenen Entfernung der Luken bewegliche Krahne zu benutzen.

Es ist ferner unzweifelhaft, dass durch bewegliche Krahne die Kais sowie die dann vortheilhaft in ihrer grössten Länge oder ganz offen zu haltenden Schuppen weit gründlicher ausgenutzt werden können, als durch feste, bei welchen es unvermeidlich ist, dass einzelne Uferstrecken zwischen grösseren und kleineren Schiffen frei bleiben. Beiläufig sei schon hier erwähnt, dass dann nur Dampfbetrieb geeignet ist.

Ausnahmsweise können auch die für besonders grosse Lasten von etwa 60 bis 120^T nothwendigen Krahne mit Vortheil beweglich zu machen sein, dann jedoch wohl nur schwimmend, wenn die ihrer bedürftigen Schiffe bald nur an dieser, bald an jener Stelle liegen können, wie dies z. B. in Kriegshäfen namentlich der Fall ist. Als Beispiel eines solchen schwimmenden Krahns ist in nebenstehender Fig. 9 der im Kieler Hafen befindliche Krahn dargestellt. Die eigenthümliche Führung des durch Drehung zweier Schraubenspindeln zu verlängernden und zu verkürzenden Hinterbeins zwischen zwei festen Backen ist ebenfalls in den Hauptheilen angegeben.

Fig. 9.



Die Leistungsfähigkeit der Krahne hängt sowohl von ihrer Tragfähigkeit, welche wiederum von der Festigkeit der Constructionstheile bedingt ist, als auch von

der Grösse der Betriebskraft ab. Diese letztere braucht nicht grösser zu sein, als dass die normale Last mit einer passenden Geschwindigkeit gehoben wird. Für grössere Lasten und gewisse Arten derselben darf die Geschwindigkeit nicht über $0^m,3$ gehen, während sie bei kleineren, von etwa 1 bis 3^T, $0^m,5$ bis $0^m,7$ betragen darf. Am Anfange und Ende des Weges muss die Geschwindigkeit ermässigt werden.

Hinsichtlich der Construction ist im Wesentlichen nur nach dem Grade der Drehbarkeit und der Auslegerweite zu unterscheiden, während die materielle Construction nur etwa hinsichtlich der Kosten und unwesentlicher Nebenrücksichten in Betracht kommt. Mit Ausnahme der grossen Mastenkrahne, welche als sog. Dreibeine nach dem Erfassen und Anheben der Last ihren Auslegerkopf etwa von der Mitte des Schiffes bis zu einer genügenden Weite hinter der Kailinie zurückziehen und so die Last aufs Ufer setzen können, (s. in nebenstehender Fig. 10 zwei Beispiele: *a* Wilhelmshafen, *b* Bremerhafen) oder welche nach der untenstehenden Fig. 11 (Toulon) mit Hülfe eines Rollkrahnes die Last horizontal bewegen, sind fast alle anderen Krahne, gleichviel ob fest oder beweglich und auf welcherlei Weise betrieben, drehbar. Es ist jedoch oft nicht nöthig, dass der Krahn die volle Umdrehung machen könne, sondern es genügt ein solcher Winkel, bei welchem die Last den erforderlichen Weg zwischen Schiff und Ufer macht. Befindet sich der Krahn an einer Wand, wie z. B. nach nachstehender Fig. 12, so würde, wenn nur eine Luke darin vorhanden, ein Drehungswinkel von 90 Grad genügen. Bei zwei Luken müsste dagegen die Drehung 180 Grad betragen, damit der Krahn vor jede Luke schlagen kann. Vergl. die Fig. 2, 4, 8 und 12. Wenn aber der Krahn auf dem Kai steht und hinter ihm belegene Gleise oder Perronflächen beherrschen soll, so wird unter Annahme einer gleichmässigen Drehung nach beiden Seiten der Winkel erheblich grösser als 180 Grad. Vergl. Fig. 5, 7 und 15.

Fig. 10.

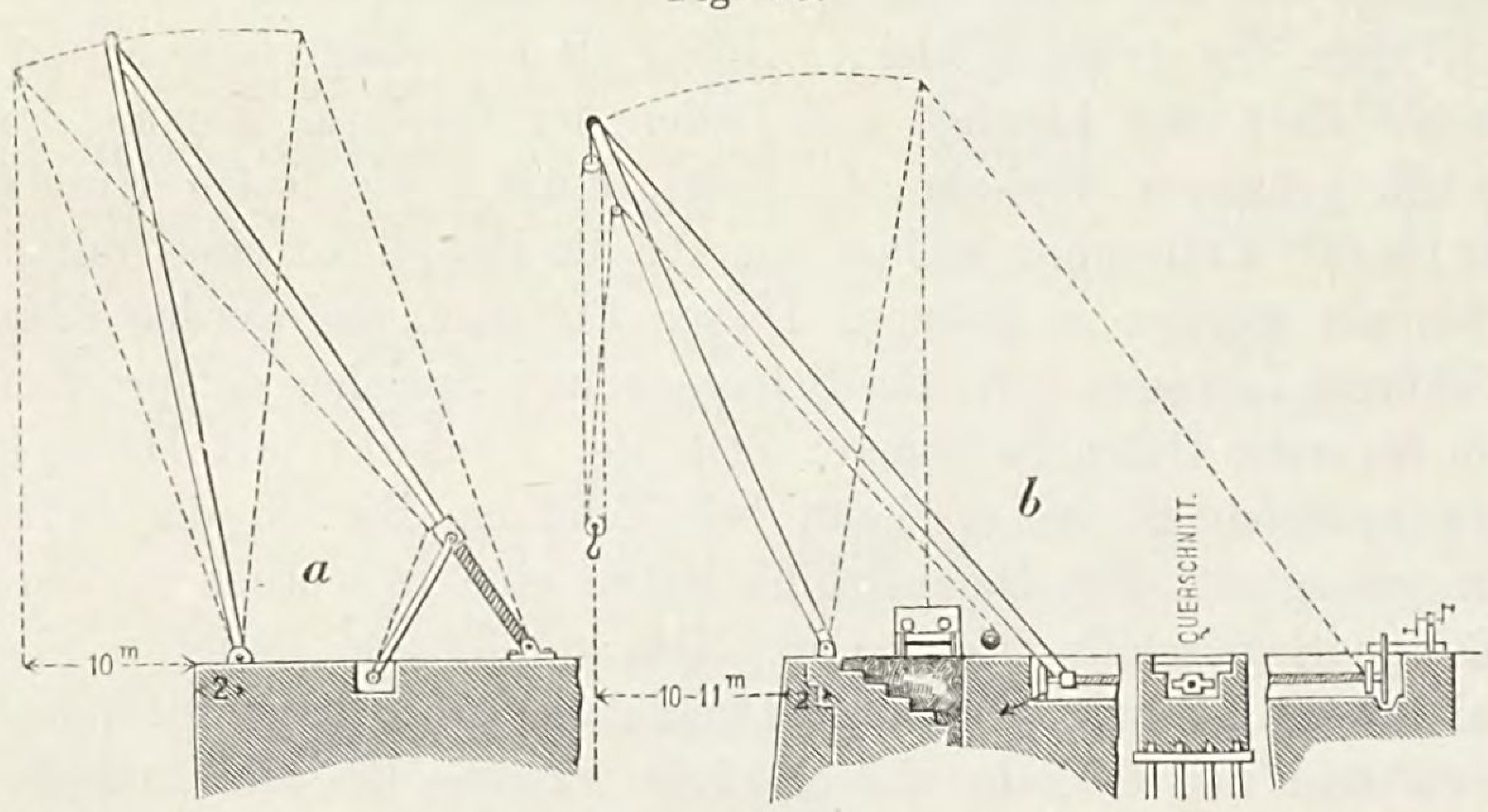


Fig. 11.

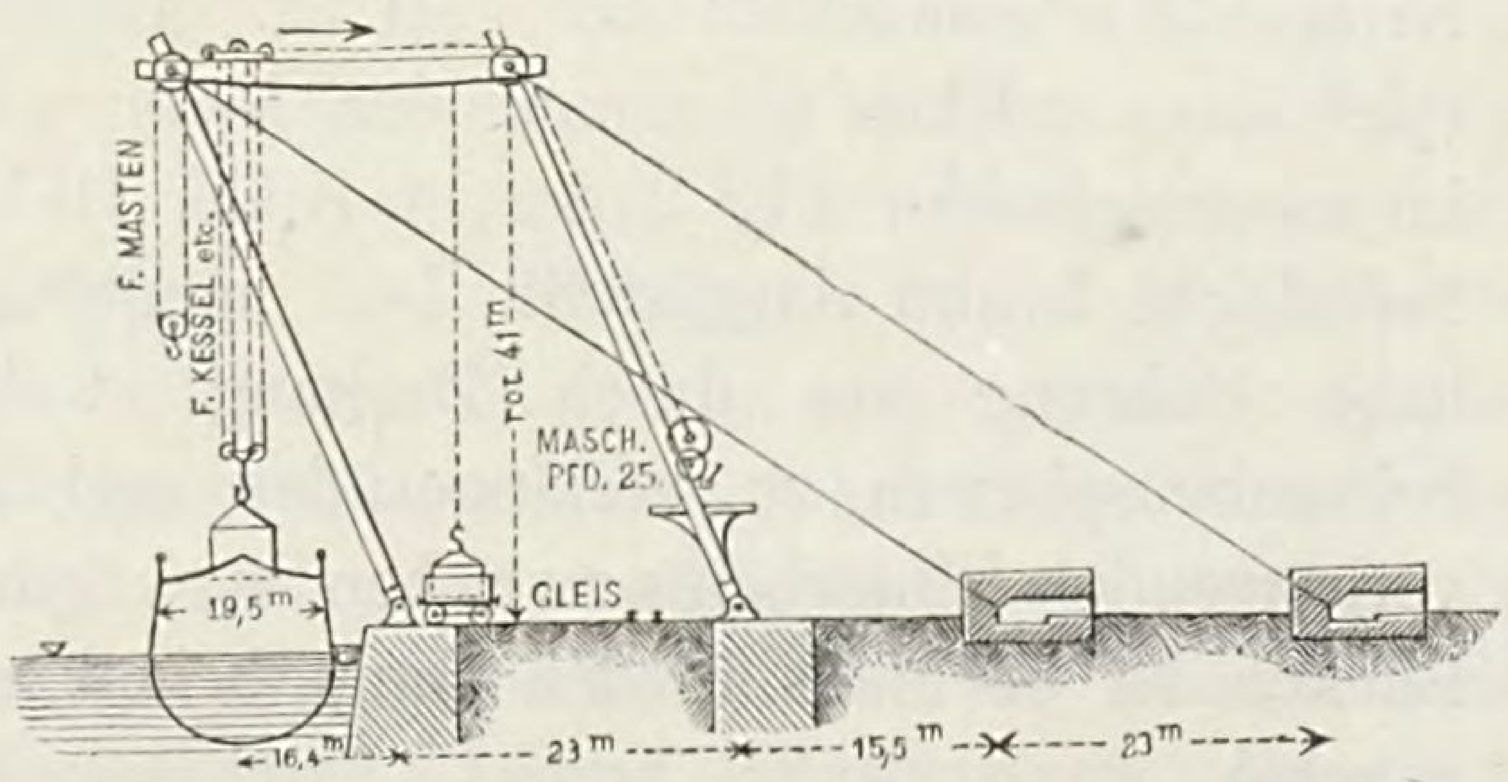
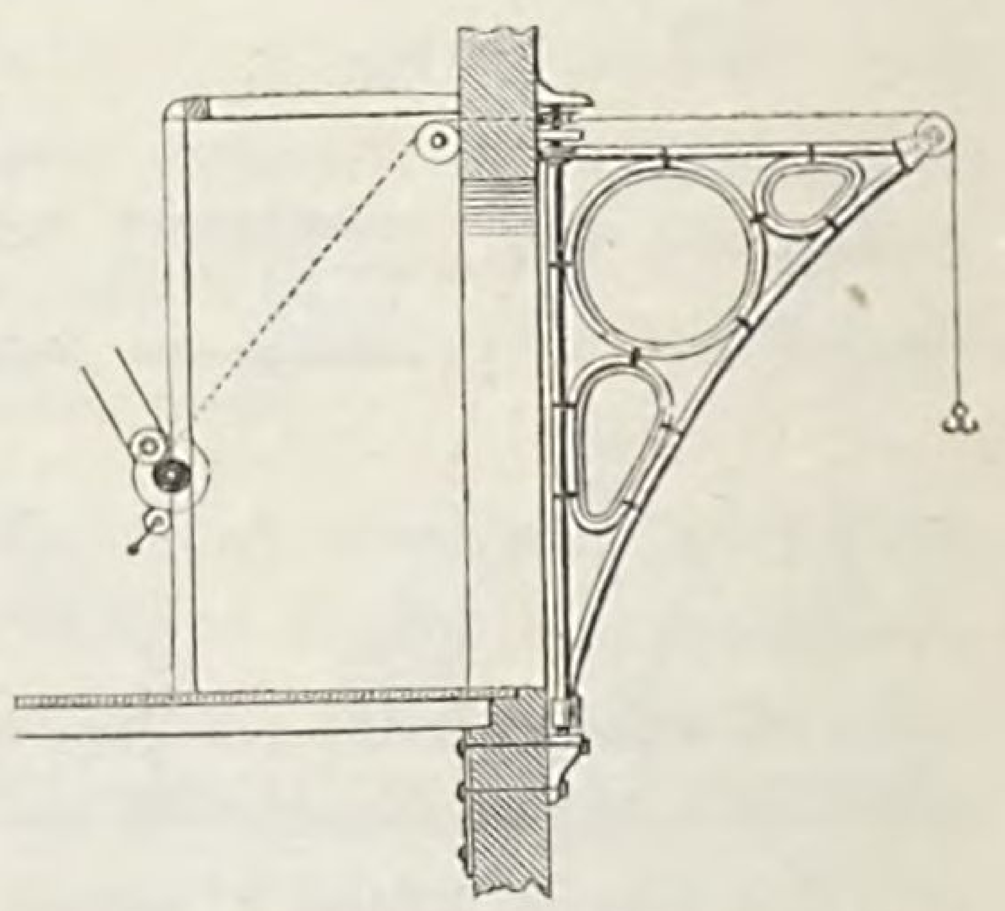


Fig. 12.



Es ist übrigens meistens für die Kosten ziemlich gleichgültig, wie gross die Drehbarkeit sein soll, wenn diese überhaupt stattfinden muss. Sie ist deshalb bei

freistehenden Krahnen in der Regel eine völlige. Einzelne Krahne jedoch, an denen nur der Ausleger die Drehung durchmacht, bedürfen eines unbeweglichen Sectors von etwa 90 Grad, um die feststehenden Theile anbringen zu können. Die Drehbarkeit geschieht bei freistehenden Krahnen fast stets mit Hülfe von Laufrollen, und erfordert wegen der von diesen consumirten Reibung einen der Belastung und dem Gewicht des Krahnes entsprechenden Kraftaufwand. Am geringsten wird dieser Verlust bei den hydraulischen Krahnen, weil dort wegen der einfachen Construction des eigentlichen Krahnes das Eigengewicht besonders gering ausfällt.

Die Variabilität der Auslegerweite ist bei den meisten, für die gewöhnlicheren Lasten von etwa 1 bis 20^T construirten Krahnen nicht vorhanden. Es ist allerdings wegen der verschiedenen Schiffsbreiten unter Umständen erwünscht, dass die Auslegerweite verändert werden kann, damit die Last nicht etwa bei dem Anheben schräg aufsteige und pendele u. s. w. Indessen lässt sich bei zu grosser Auslegerweite, bei der also grössere Schiffe angenommen sind, ein schmaleres Schiff mit seiner Luke in der Richtung des Kais so legen, dass der Auslegerkopf grade darüber trifft, oder bei beweglichen Krahnen stellt sich der Krahn nach dem Schiffe.

Was die Construction im Uebrigen anlangt, so ist bei allen zur Bedienung von grossen Schiffen bestimmten Krahnen entweder ein etwas erhöhter Standpunkt oder eine grosse eigene Höhe mit gebogenem Ausleger nothwendig, weil die Schiffsborde oft 3 bis 4^m hoch über der Kaifläche emporragen. Es ist dabei der höchste Wasserstand des Hafens (siehe § 2), sowie die Bordhöhe des grössten unbeladenen Schiffes maassgebend. Wenn also nicht etwa die Krahne, wie dies namentlich bei hydraulischen üblich, auf geeignete Gerüste gestellt werden, so empfiehlt sich für freistehende die bekannte geknickte Form der sog. Fairbairn-Krahne, sowie für die an Schuppen u. s. w. angebrachten Krahne die in Fig. 8, S. 1006 bereits angegebene Form der hydraulischen Krahne in Gr. Grimsby. Für grosse Schiffe, die in Docks mit constantem Wasserstande liegen, wird etwa 4^m für die Bordhöhe der Schiffe, 2^m für die Ladung selbst und 1^m für die Befestigungsvorrichtung zu rechnen sein, so dass der Krahnkopf mindestens 7^m über dem Kai hoch sein muss.

Die Auslegerweite muss ebenfalls für grosse Schiffe mindestens 7^m von der Kante des Kais ab betragen, so dass, wenn nicht der Krahn etwa mit dem Stützpunkt des Auslegers nahezu in derselben Linie liegt, ein entsprechendes Maass zu jener Netto-Weite hinzukommt.

Da die volle Auslegerweite mit der grössten Last multiplicirt das statische Moment bildet sowohl für die Stabilität eines beweglichen als für die Festigkeit eines feststehenden in dessen Bodenhöhe, so darf nicht ohne Noth dasselbe vergrössert werden. Es ist deshalb stets für die Construction des Krahnes vortheilhaft, wenn derselbe möglichst nahe an die Kailinie gestellt werden kann. Da es bei festen Krahnen alsdann wesentlich auf eine gute Verankerung in der Höhe der Kais ankommt und diese durch schmiedeeiserne Theile sich fast stets erreichen lässt, so sollte auf die Ausnutzung der Auslegerweite mehr, als gewöhnlich geschieht, Bedacht genommen werden.

Zu den Krahnanlagen dürfen auch die bereits in Fig. 3, S. 1001 in einem Beispiel dargestellten Windeböcke gerechnet werden. Diese stehen in der Regel als zwei, oben mit einander verbundene und dort eine Rolle tragende Beine oder Bäume fest vor der Luke eines Gebäudes. Die Rolle besitzt nur soviel Vorsprung (etwa 1 bis 2^m) vor der Wand, dass grössere Lasten bei senkrechter Hebung die Wand nicht berühren und auch kleinere ohne Schwierigkeit in die Luke geholt werden können. Bei dem Anheben aus dem Schiff, sowie bei dem Hinablassen in dasselbe müssen die Lasten in der

Regel mit einem Leitseil regiert werden. Die hebende Kraft kann im Gebäude (in Fig. 3 eine vierpferdige Gasmaschine) stehen oder auch sich Aussen befinden, z. B. als Dampfwinde in einem kleinen Fahrzeuge, welches sich neben dem zu löschenden Schiffe befindet. Die Fig. 3 zeigt endlich noch einen sog. Getreidebagger, welcher aus dem Schiff das lose Getreide mit kleinen Eimern hebt und durch eine sich in zwei (abwechselnd functionirende) Ausgüsse spaltende Schüttrinne so rasch in untergehaltene Säcke fördert, dass die Bedienungsmannschaft kaum rasch genug die vollen Säcke mit leeren vertauschen kann. Ein solcher Bagger oder Korn-Elevator würde zu den Aufzügen zu zählen sein.

Ferner empfiehlt es sich vorzugsweise Schmiedeeisen zu allen grösseren Theilen des Krahnes zu verwenden und Gusseisen nur dort, wo ein Zerspringen in der Kälte oder bei etwaigen zufälligen Stössen der Last besonders beim Niederlassen u. s. w. durchaus nicht zu befürchten ist. Ueberhaupt möge alle Sicherheit unter Berücksichtigung von Stössen berechnet werden. Die Ketten müssen zur Sicherheit mindestens ein Viertel bis ein Halb über der bestimmten Maximallast des Krahnes tragen können und vor der Anbringung sowie von Zeit zu Zeit, (mindestens jährlich einmal) an dem Krahn selbst mit dieser Ueberlast probirt werden unter Anwendung der Maximalgeschwindigkeit. Bei Unterlassung dieser Vorsicht sind Unglücksfälle unvermeidlich.

Die Wahl der **Betriebskraft** ist in jedem Falle vorzugsweise von localen Verhältnissen abhängig. Doch sollte von vornherein überall die Benutzung der Menschenkraft nur ausnahmsweise in Betracht kommen, denn unter Annahme einer zehnstündigen Arbeitszeit und $7{,}5^{mk}$ mechanischer Arbeit eines Menschen in der Secunde ist ein voller Tagelohn zu bezahlen, um 1 Pferdekraft 1 Stunde lang durch Menschenhand zu erzielen, während dieselbe Leistung mit Hülfe einer Dampfmaschine durch $3{,}5^{k}$ Steinkohlen erzeugt wird. Bei durchschnittlichen Preisen ist das Verhältniss der Kosten wie 250 zu 6 Pfennige oder absolut wie etwa 40 zu 1. Die Menschenkraft darf also vernünftigerweise nur da angewandt werden, wo wegen des **seltenen** Gebrauchs eines Krahnes die Anbringung, Unterhaltung und Wartung eines anderen Motors sich nicht rentiren würde, oder allenfalls, wo Lasten nur vom Ufer, Speicher u. s. w. in das Schiff „abzusetzen" sind, also fast nur ein Bremsen nöthig ist.

Von den Motoren sind nun hauptsächlich der directe Dampf, das Druckwasser (meistens mit Dampfkraft gebildet) und die Gaskraft in Vergleich zu ziehen. Die zunächst für Krahne im Nachstehenden folgenden Bemerkungen gelten übrigens im Wesentlichen auch für Aufzüge und Sturzgerüste, wenngleich dabei im Allgemeinen die Wahl der Betriebskraft eine beschränktere ist.

Die **directe Verwendung** der Dampfkraft kann auf sehr verschiedene Weise geschehen. Entweder und wohl am häufigsten werden die einzelnen Krahne je mit einer besonderen Maschine versehen. Dies pflegt bei den beweglichen Krahnen die Regel zu sein, obgleich auch bei diesen eine centrale Maschine und Transmission der Kraft möglich ist. Es bedarf hierzu einer Welle mit schwingenden Lagern zur beliebigen Verbindung eines auf der Welle verschieblichen Zahnrades oder dergleichen mit dem Zahnrade des beweglichen Krahnes. Begreiflicherweise ist aber diese Einrichtung umständlich und unsolide. Es kann vielmehr für **bewegliche Krahne** die Verwendung **einzelner der Tragkraft und namentlich der Leistung entsprechenden Dampfmaschinen** als die geeignetste Verbindung angesehen werden.

Die in Hamburg in grosser Zahl, dagegen in Bremen und Bremerhafen erst in einigen Exemplaren vorhandenen Krahne dieser Art besitzen meistens einen der Länge nach beweglichen, bis zu 10^{m} vom Stützpunkt und etwa 9^{m} über die Kailinie reichenden Ausleger, eine Hubgeschwindigkeit von $0^{m},6$ und eine Tragfähigkeit von 1 bis 15^{T}. Sie haben zur Sicherung gegen stossweise niedergehende Lasten eine sog. **Wasserbremse**, bei welcher ein durch die zu rasch niedergehende Last bewegter Kolben das übrigens eingeschlossene Wasser durch sehr enge Oeffnungen treiben muss. Es wird

dadurch der harte Stoss der Last von dem Krahn und seiner Kette abgenommen und wie auf einen elastischen Körper übertragen. Die grösste Vorsicht, deren ein solcher Krahn bedarf, besteht darin, dass bei Frostwetter und Stillstand rechtzeitig das Wasser aus den verschiedenen Räumen abgelassen wird, um das sonst unausbleibliche Springen von Cylindern und Röhren zu verhüten.

Die directe Dampfkraft kann nun auch von einer Centralstelle aus, abgesehen von der bereits erwähnten Leitung nach beweglichen Krahnen, nach einzelnen festen Krahnen hingeleitet werden und zwar entweder mittelst centraler Maschine, Transmissionswellen und Kuppelung an den einzelnen Krahnstellen oder durch centrale Dampfkessel und Dampfrohrleitung zu den einzelnen Maschinen an jedem Krahn. Die erstgenannte Einrichtung ist eine sehr häufige und in fast jeder Werkstätte oder Fabrik zum Betriebe der einzelnen Arbeitsmaschinen vorhanden. Es liegt dabei sehr vortheilhaft die Dampfmaschine in einem besonderen Raum und ist daher weit besser vor Staub und Schmutz geschützt, als die allen Angriffen ausgesetzten Dampfkrahne auf dem Ufer. Zum Betriebe von Krahnen besteht eine solche Einrichtung z. B. in den Speicher-Anlagen der Altona-Kieler Bahn am Altonaer Hafen.

Es befinden sich dort aussen am Speicher zwischen je zwei Luken des obersten Bodens kleine um 180 Grad drehbare Krahne (siehe Fig. 12, S. 1008), deren Ketten durch die Mauer gehen und sich auf eine innerhalb liegende Trommel wickeln. Die Trommel setzt sich vorwärts oder rückwärts in Bewegung, sobald ein Arbeiter nur mit einem Händel die Frictionsscheibe der unter der Decke entlang gehenden Transmissionswelle mit der zu der Winde gehörenden betreffenden Scheibe kuppelt. Die Drehung des Krahnes erfolgt auf ähnliche Weise. Die betreffenden Händel müssen in solchem Falle mittelst Schnüren von jedem Boden aus bewegt werden können, damit die die Lasten auf dem Boden annehmenden oder abgebenden Arbeiter auch die geeignetste Einwirkung auf den Krahn haben. Derartige Transmissionen setzen wegen der vielen Lager für die verschiedenen Wellen eine sehr solide Construction der Speicher oder Schuppen voraus, weil sonst eine grosse Abnutzung und Kraftverminderung eintreten würde. Sehr häufig befinden sich aber hart am Ufer erbaute Gebäude dieser Art nicht in dem Zustande völliger Bewegungslosigkeit.

Die andere Transmission der Dampfkraft mit centraler Kesselanlage und Dampfrohrleitung zu den einzelnen Dampfmaschinen ist in neuerer Zeit in Fabriken mehrfach mit grossem Nutzen angewandt, bei Hafenanlagen jedoch noch sehr selten, z. B. in Leer. Sie dürfte sich indess unter Umständen hier ebenso wie dort empfehlen, da bei gleichem Kostenaufwande und auf gleiche Entfernungen Dampf mit geringerem Kraftverlust übertragen werden kann, als die Kraft in einer Welle. Bei letzterer consumirt die grosse Zahl der Lager schliesslich einen sehr bedeutenden Theil der Kraft, wogegen der einzige Kraftverlust des Dampfes durch Abkühlung selbst bei grossen Entfernungen sich durch gute Umhüllung der Rohrleitungen auf etwa 5 bis 10% reduciren lässt. Besonders ungünstig kann die Wellen-Transmission im Vergleich zur Dampf-Transmission werden, wenn die Anlage gross ist und zeitweilig nur einzelne Krahne in Thätigkeit sind. Es müssen dann die ausgedehnten Transmissionstheile in grossem Maasse unnütz umgetrieben werden, während die Dampfleitung durch geeignete Verzweigung der Rohre besser im Verhältnisse zur augenblicklichen Leistung in Thätigkeit gehalten werden kann.

Beide Fälle der Transmission kommen vorzüglich nur in Schuppen oder Speichern in Betracht, weil in diesen wohl nie eine Kessel- oder Feuerungsanlage zulässig erscheint. Im Freien befindliche Krahne werden aber meistens vortheilhafter als bewegliche mit eigenen Maschinen eingerichtet.

Ebenso bequem wie der centrale Dampfbetrieb ist der Betrieb mit hydraulischer Kraft. Die Einrichtungen hierzu müssen hier als bekannt vorausgesetzt werden.

Hier sei nur kurz erwähnt, dass das Druckwasser durch Hineinpumpen gewöhnlichen Wassers mit einer kleinen Druckpumpe in einen grossen Cylinder gewonnen wird, welcher durch einen

Kolben mit einer bestimmten Belastung geschlossen ist. Aus diesem Cylinder, dem sog. Akkumulator oder Kraftspeicher, geht eine Rohrleitung zu den einzelnen Krahnen, und lässt nur dann Druckwasser ab, sobald durch ein Händel der Schieber eines zur Hebung der Last oder zur Drehung des Krahnes dienenden Cylinders entsprechend bewegt wird. Das Druckwasser tritt dann durch die beliebig eng zu haltende Schieberöffnung in die genannten Cylinder und treibt deren Kolben mit einer der Oeffnung entsprechenden Geschwindigkeit hinaus. Bei dem Niedergange der Last drückt diese, nach Absperrung des Druckrohrs, den Kolben wieder hinein und dadurch das frühere Druckwasser in das Rücklaufrohr. Der Kopf jedes Kolbens der Hebe- oder Treib-Cylinder trägt eine oder mehrere Rollen, denen eben so viele an dem Boden des Cylinders gegenüber stehen. Um diese Rollen ist eine an einem Punkte des Cylinders befestigte Kette geschlungen, deren loses Ende über die Auslegerrolle des Krahnes geht und die zu hebende Last trägt. Diese Einrichtung ist umgekehrt die eines gewöhnlichen Flaschenzuges, denn die Last macht den $2 . n$ mal grösseren Weg als der mit n Rollen versehene Kolben oder die Triebkraft. Da die Lastwege oft reichlich 10^m Höhe betragen und die bis mit etwa 40 Atmosphären Druck arbeitenden Cylinder keine zu grosse Ausdehnung erhalten dürfen, so pflegt bei etwa 1,5 bis 2^m Länge der Cylinder die Uebersetzung eine 6fache zu sein. Um das Ganze gegen Stosswirkung der etwa zu rasch auf- oder niedergehenden Last zu sichern, dienen sog. Stossventile, wovon eins bei raschem Sinken der Last sich nach dem Druckrohr hin öffnet und dorthin das zu stark gepresste Rücklaufwasser aus dem Treibcylinder auslässt, ein anderes bei zu raschem Heben nach Absperrung des Druckrohrs aus dem Rücklaufrohr Wasser in den Treibcylinder einsaugt. Die Drehung des Krahnes geschieht meistens durch zwei kleine, zu beiden Seiten desselben liegende Drehcylinder, an denen die Enden einer Kette befestigt sind. Diese Kette geht zunächst über die einfache Rolle eines jeden Cylinderkopfes und in ihrer Mitte legt sie sich um eine auf dem drehbaren Theil des Krahnes sitzende Kettenscheibe. Durch die Steuerung wird abwechselnd der eine Cylinder mit dem Druckrohre, der andere mit dem Rücklaufrohre verbunden, so dass der eine heraus, der andere hinein geht und die Kette bei festliegenden Enden sich nur in der Mitte verschiebt und dabei den Krahn dreht.

Die besonderen Vortheile der hydraulischen Hebe-Apparate sind, dass sich die Rohrleitungen verhältnissmässig leicht nach den betreffenden Punkten hinführen lassen, dass die Apparate selbst sehr einfach sind und endlich, dass durch die Aufspeicherung der Kraft in dem Akkumulator es möglich ist mit einer vergleichsweise kleinen Dampfmaschine zeitweilig eine sehr bedeutende Arbeit zu verrichten.

Es ist jedoch keineswegs zu sagen, dass die hydraulischen Motoren überall am Platze wären. Zunächst spricht gegen sie an vielen Orten die Gefahr, dass die Leitungen und die Cylinder bei starkem Froste einfrieren. Man kann sie dagegen zwar möglichst frostfrei legen, sie bei Frostwetter ablaufen lassen, wenn zu dieser Zeit kein Gebrauch davon gemacht wird, oder dem Wasser Glycerin zusetzen. Trotzdem treten oft Störungen und Beschädigungen durch Frost ein, die bei anderen Motoren wegfallen. Bei dem milden Klima Englands ist dieser Umstand dort bei weitem nicht von der Bedeutung wie in Deutschland.

Sodann verursachen sie höhere Betriebskosten als die meisten anderen Motoren. Denn es wird von der Total-Arbeit der das Druckwasser erzeugenden Dampfmaschine nur etwa 70% durch die Pumpen auf das Druckwasser und von diesem nur im günstigsten Falle wieder 70% auf die zu hebende Last übertragen. Der Nutzeffect beträgt also kaum 50%. Im Allgemeinen liegt die Ursache davon vorzugsweise in den Widerständen, die das Wasser in den Pumpen sowie in den Schieberöffnungen u. s. w. erfährt. Dabei ist sogar jener Nutzeffect nur bei der Hebung der Maximallasten vorhanden, für welche der Apparat construirt ist; für alle geringeren Lasten wird er, entsprechend deren Verhältniss zur Maximallast, kleiner, weil zum Heben auf eine bestimmte Höhe stets das gleiche Wasserquantum verbraucht wird. Endlich würde bei eintretendem Rohrbruche oder der Reparatur der Maschine die ganze Anlage nicht betriebsfähig sein, was in ähnlicher Weise zwar auch bei dem centralen Dampf-

betriebe stattfinden kann, jedoch nicht so wahrscheinlich ist und sich dann noch eher durch interimistische Vorkehrungen zum Theil unschädlich machen lässt. Der grösste Vortheil der hydraulischen Kraft für Krahne und Aufzüge besteht in der ungemein einfachen Bedienung, so dass dafür gar keine besonderen Kosten zu rechnen sind, weil dieselben Arbeiter, welche die Ladungen auf dem Ufer empfangen oder abgeben, auch den Krahn bedienen können. Diese Anordnung ist bei den meisten älteren Anlagen nicht einmal getroffen.

Endlich kommen in neuerer Zeit die Gaskraftmaschinen auch zum Betriebe von Krahnen u. s. w. mehr in Gebrauch, seitdem ihre Construction etwas robuster geworden ist. Bekanntlich besteht das Wesentliche derselben darin, dass mittelst Schieberbewegung ein kleines Quantum Gas sich mit einem entsprechenden Quantum Luft in einem Raume mengt, dort durch eine fortwährend brennende kleine Gasflamme entzündet wird und als explodirendes Knallgas den Kolben eines Cylinders treibt.

Zur Gewinnung einer Leistung von 1 Pferdekraft bei 1stündigem Betrieb verbraucht eine Gaskraftmaschine etwa 0,8 kb^{m} Gas, wofür an Kosten etwa 10 Pfennige zu rechnen sind. Ein grosser Vorzug dieser nur kleinen Raum einnehmenden, einfachen und sich völlig selbst regulirenden Maschinen ist dabei, dass man sie überall in Gebäuden aufstellen, also auch in die engste Verbindung mit dem zu treibenden Krahn bringen kann, und dass sie jederzeit ohne Vorbereitung in Gang gesetzt und darin ohne jegliche Hülfe oder Aufsicht erhalten werden können. Es wird also im Vergleich zu einem selbständigen Dampfkrahn ein Wärter erspart. Die eintretenden Arbeitspausen in der Bewegung der Lasten consumiren etwa gleich viel Kosten an Gas als bei Dampfbetrieb durch Abkühlung und Dampfverlust u. s. w. verloren geht.

Im Ganzen stellen sich die Betriebskosten der Gasmaschinen nahezu gleich denen der Dampfmaschinen einschliesslich der bei diesen mehr nothwendigen Wartung.

Aufzüge sind für alle höheren, aus mehreren Etagen bestehenden Speicher nothwendig, wenn diese nicht etwa in der Höhe des obersten Bodens noch mit einem Krahn versehen sind. Das Aufwinden bis zu grosser Höhe durch Krahne ist aber wegen des Pendelns der Last umständlich oder gefährlich. Dazu kommt, dass sehr oft die Waaren erst unten in der Höhe des Kais nachgesehen, gewogen u. s. w. werden müssen, ehe sie auf die oberen Böden geschafft werden. Alsdann sind Aufzüge im Innern des Speichers weit bequemer und vortheilhafter als Krahne an der Aussenseite.

Ein sehr gutes Beispiel davon bietet die schon auf Seite 1005 mitgetheilte Fig. 7 von der Speicheranlage zu Geestemünde. Der Aufzug *c* dient in der Regel für Lasten von 1 Tonne und wird durch den im Keller stehenden hydraulischen Cylinder *b* bedient. Die grösste Aufzugshöhe ist 16^{m},25. Der Cylinderkolben hat 2^{m},03 Hubhöhe. Es musste also der Weg verachtfacht werden. Hierzu besitzen zunächst Cylinder und Kolben je 2 Rollen, so dass die Kette dort vierfach vorhanden ist. Das lose Ende ist an einer beweglichen Rolle *d* befestigt, welche von der an einem Punkt des obersten Bodens befestigten Aufzugskette der Plattform getragen wird. Mit dieser Rolle ist zugleich ein Gegengewicht für die Plattform verbunden. Wird die vom Cylinder kommende Kette direct mit der Aufzugskette durch Weglassung der Rolle *d* verbunden, so kann der Aufzug nur bis zu dem dritten Boden gelangen aber das doppelte Gewicht, also 2 Tonnen, tragen. Dass die schwereren und aus grösseren Collis bestehenden Lasten nur auf die unteren, die leichteren dagegen auf die oberen Böden kommen dient ausserdem zur billigeren Construction des Speichers. Die Steuerung des Schiebers erfolgt durch eine Schnur ohne Ende von jedem Boden des Speichers durch die dort beschäftigten Arbeiter. Die Lasten können offenbar ebenso einfach gesenkt als gehoben werden, wobei in ersterem Falle der Cylinder nur als Wasserbremse wirkt. In den drei Geestemünder Speichern, siehe Fig. 2, Taf. LVII, sind im Ganzen 6 solche Aufzüge. Näheres siehe Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover (Bd XII) von Welkner.

Eine besondere und sehr wichtige Art von Ladevorrichtungen in grösseren Häfen erfordert die Verladung der Steinkohlen. Wenn schon allein zur möglichst raschen Beladung grosser Dampfschiffe mit der zur Heizung der Maschine erforderlichen Kohle solche Einrichtungen durch blosse Zeitersparniss sich bezahlt machen, so hängt in manchen Häfen das Kohlenexportgeschäft gradezu von der Vollkommenheit derselben ab. England exportirt z. B. in den letzten Jahren über 14 Millionen Tons Kohle, vorzüglich aus dem District zwischen Tyne und Humber und im Westen aus Wales über Liverpool und Cardiff. Allein aus den Tyne-Häfen Newcastle, North- und South-Shields sind in einem Jahr fast 19 000 Schiffe mit nahezu 5 Millionen Reg.-Tons und zwar hauptsächlich mit Kohlen ausgelaufen. Bei solch colossalen Massen ist es begreiflich dass die einfachste, rascheste und billigste Verladungsmethode geboten ist. Schon seit längeren Jahren sind daher in den englischen Kohlenhäfen die betreffenden Einrichtungen sehr gut ausgebildet, indess durch Concurrenz immer mehr vervollkommnet, so dass die dortigen Anstalten als mustergültig anzusehen sind.

Für die deutschen Häfen, in denen bis jetzt nur sehr vereinzelte Vorrichtungen dieser Art existiren, während in den meisten noch englische Kohle eingeführt wird, macht sich in neuerer Zeit das Bedürfniss nach ähnlichen Anlagen dringend geltend. Denn durch sie wird nicht nur die Ausfuhr deutscher Kohle und damit eine Hebung der Kohlenindustrie ermöglicht, sondern es gewinnen auch die betreffenden Seehäfen durch den Kohlenexport den Vortheil, dass angekommene Schiffe, welche in Ermangelung von Rückfracht nur mit Ballast hätten wieder auslaufen müssen, wenigstens mit Kohle beladen eine neue Fahrt antreten können. Dadurch sinken die Frachtkosten nach solchen Häfen begreiflicherweise sehr erheblich, oft auf die Hälfte, denn mit Ausnahme Englands bedarf fast jedes Land fremder Kohlen.

Ausser der raschen und billigen Verladung ist nun aber noch als eine wichtige Forderung anzusehen, dass die Kohle möglichst wenig durch das Fallen vom Wagen in die Verladevorrichtung und aus dieser in den Schiffsraum zerkleinert werde. Hiervon hängt nicht allein der schliessliche Werth der Kohle erheblich ab, sondern auch die geringere Gefahr der Selbstentzündung während der Fahrt. Es unterliegt nach den Untersuchungen einer auf Anordnung der englischen Regierung niedergesetzten Commission von Gelehrten und Fachmännern[6]) keinem Zweifel mehr, dass durch das heftige Niederfallen von grosser Höhe die Kohle sich erhitzt, und es ist ausserdem constatirt, dass je grösser die Ladung und je weiter die Fahrt durch die warmen Zonen, desto häufiger die meist zum Untergang der Schiffe führenden Selbstentzündungen vorkommen.

Nach dem erwähnten Commissionsberichte kamen im Jahre 1874 auf 31 116 englischen Schiffen mit 13 369 012^{T} 70 Entzündungen vor, davon auf den 26 631 nach europäischen Häfen gefahrenen Schiffen mit 10 513 181^{T} nur 10 Entzündungen, auf den 4485 nach aussereuropäischen Häfen gefahrenen mit 2 855 831^{T} 60 Entzündungen. Von den letzteren 4485 Schiffen kamen auf Schiffe unter 500^{T} nur $^{1}/_{4}$% Entzündungen, bei den nachfolgenden Stufen: 500 bis 1000^{T}, 1000 bis 1500^{T}, 1500 bis über 2000^{T} dagegen bezw. 1%, $3^{1}/_{2}$% und 9%. Beiläufig sei noch bemerkt, dass die Entzündungen meistens in der Nähe der Luken entstehen und dass nach den statistischen Erhebungen jener Commission eine tief durch den ganzen Schiffsraum gehende Ventilation die Entzündungen zu befördern scheint.

Namentlich bei grossen Schiffen, welche weite Reisen durch die Tropen machen, muss man besonders vorsichtig mit der Beladung sein. Die einzelnen Arten der Kohle sind jedoch in dieser Hinsicht sowie nach ihrer Sprödigkeit sehr verschieden.

[6]) Report of the Royal Commissioners appointed to inquire into the spontaneous combustion of coal in ships. London 1876.

Endlich hängt die Einrichtung noch von der disponiblen Höhe der die Kohlenanfuhr vermittelnden Eisenbahn gegen den Wasserstand des Hafens und die Höhe der Schiffe selbst ab. Je grössere Schwankungen in beiden Höhenmaassen vorkommen, desto complicirter wird die Einrichtung der Ladevorrichtung, damit eine nachtheilige senkrechte Fallhöhe vermieden werde. Um die Kohle durch ihr eigenes Gewicht auf der geneigten Ebene einer Schüttrinne oder des Eisenbahnwagens zum Gleiten zu bringen, muss ein Neigungswinkel von etwa 30 bis 40 Grad vorhanden sein, wobei zu beachten ist, dass zwar die Kohle in grosser Höhe auf derselben Ebene liegend leichter rutscht als bei geringer, dass man aber nur eine mässige Höhe von etwa $0^{m},6$ geben darf, um nicht einen zu heftigen Stoss der Masse zu erzeugen.

Einen gewissen Einfluss auf die Anordnung der Ladevorrichtung besitzen endlich die zum Kohlentransport benutzten Eisenbahnwagen. Wo wie in Deutschland noch vorwiegend nur Wagen mit Seitenklappen bestehen, lässt sich die Kohle nicht durch ihr eigenes Gewicht aus dem Wagen schütten, sondern bedarf der für einen grossartigen Betrieb viel zu theueren Arbeit des Ausschaufelns. In England sind daher zum Beladen der Schiffe namentlich in den eigentlichen Kohlenhäfen fast nur Wagen mit ein oder zwei Bodenklappen oder mit Kopfklappen in Gebrauch. Ohne derartige Wagen ist ein bedeutender Kohlenexport nicht gut denkbar.

Die Anordnung der Gleise für die rascheste Zuführung der vollen und Abführung der leeren Wagen ist nun schon gewissermaassen ein Theil der ganzen Verladevorrichtung. Denn es hängt die Leistungsfähigkeit der letzteren in sehr hohem Grade von der zweckmässigen Anordnung der Gleise und der Gleisverbindungen, wie Weichen, Drehscheiben u. s. w. ab. Auch in dieser Beziehung erscheinen die englischen Verladevorrichtungen mustergültig. Es wird zunächst bei diesen grundsätzlich die theuere und langsame menschliche Arbeit auf das Minimum beschränkt, oft lediglich auf die Bewegung gewisser Steuerungshändel oder Bremshebel. So werden bei den grösseren Anlagen an der Tyne, in Sunderland u. s. w., wo die örtliche Lage es nur gestattet, geneigte Gleise angewandt, um die vollen Wagen durch ihr eignes Gewicht nach der eigentlichen Ladevorrichtung hinlaufen und ebenso die leeren wieder auf umgekehrt geneigten Gleisen nach der betreffenden Rangirstelle zurücklaufen zu lassen. Wo dies nicht ausführbar oder wo ein Heben der vollen Wagen überhaupt nicht nöthig, hat man Bremsberge benutzt, bei denen die herablaufenden vollen Wagen die leeren wieder hinaufziehen, oder endlich ist durch hydraulische Hebevorrichtung nicht nur dem vollen Wagen eine genügende Ausschütthöhe, sondern auch dem leeren Wagen eine genügende Höhe zum selbstthätigen Rücklauf gegeben. Dabei werden etwaige Drehscheiben sehr oft durch hydraulische Kraft getrieben, wobei der Wärter nur mit dem Fuss auf einen mit dem Schieber verbundenen Knopf zu treten hat; ebenso werden die Wagen mittelst stehender hydraulischer Winden *(Capstans)* herangeholt und entfernt. Mindestens aber werden die Drehscheiben von den sonst zum Rangiren gebrauchten Pferden gedreht.

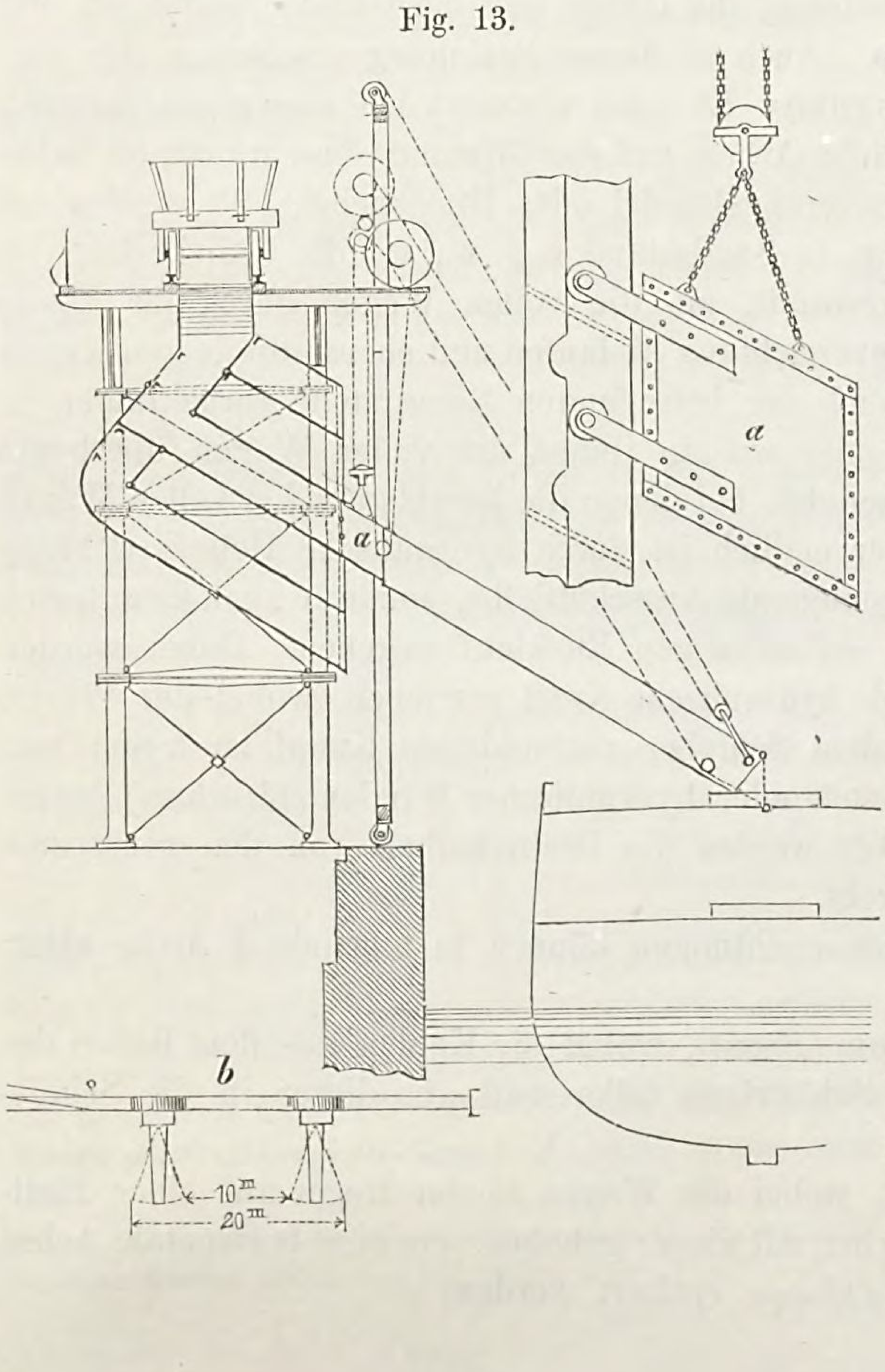
Die eigentlichen Kohlen-Ladevorrichtungen können in folgende 4 Arten unterschieden werden:

1. das Schüttrinnen-System *(Spout)*, wobei die Kohlen aus dem Boden des Wagens in eine geneigte Schüttrinne fallen und aus dieser in die Schiffsluke geleitet werden;
2. das Kipp-System *(Tip)*, wobei die Wagen in der Regel auf einer Plattform stehend, und oft vorher mit dieser gehoben, um eine horizontale Achse gekippt und aus der Kopfklappe entleert werden;

3. das Krahn-System *(Drop)*, wobei die ganzen Wagen durch einen gewöhnlichen Krahn oder einen krahnartigen Ausleger vom Ufer bis über die Schiffsluke geschwenkt und dort entweder mit ihren Bodenklappen direct oder mit Kopfklappen nach zuvorigem Kippen entleert werden, und endlich:
4. das Kasten-System *(Box)*, wobei die Kohlen in besonderen auf Wagengestellen stehenden Kasten von etwa 2 Tons herangefahren und diese mit Bodenklappen versehenen Kasten durch Krahne in die Schiffsluke gesenkt werden. Hierhin gehört auch das umständlichere und bei grossem Betriebe unvortheilhafte Verfahren, dass die Kohle aus den gewöhnlichen Wagen in derartige Kasten geschaufelt und dann mit Krahnen ins Schiff gelassen wird.

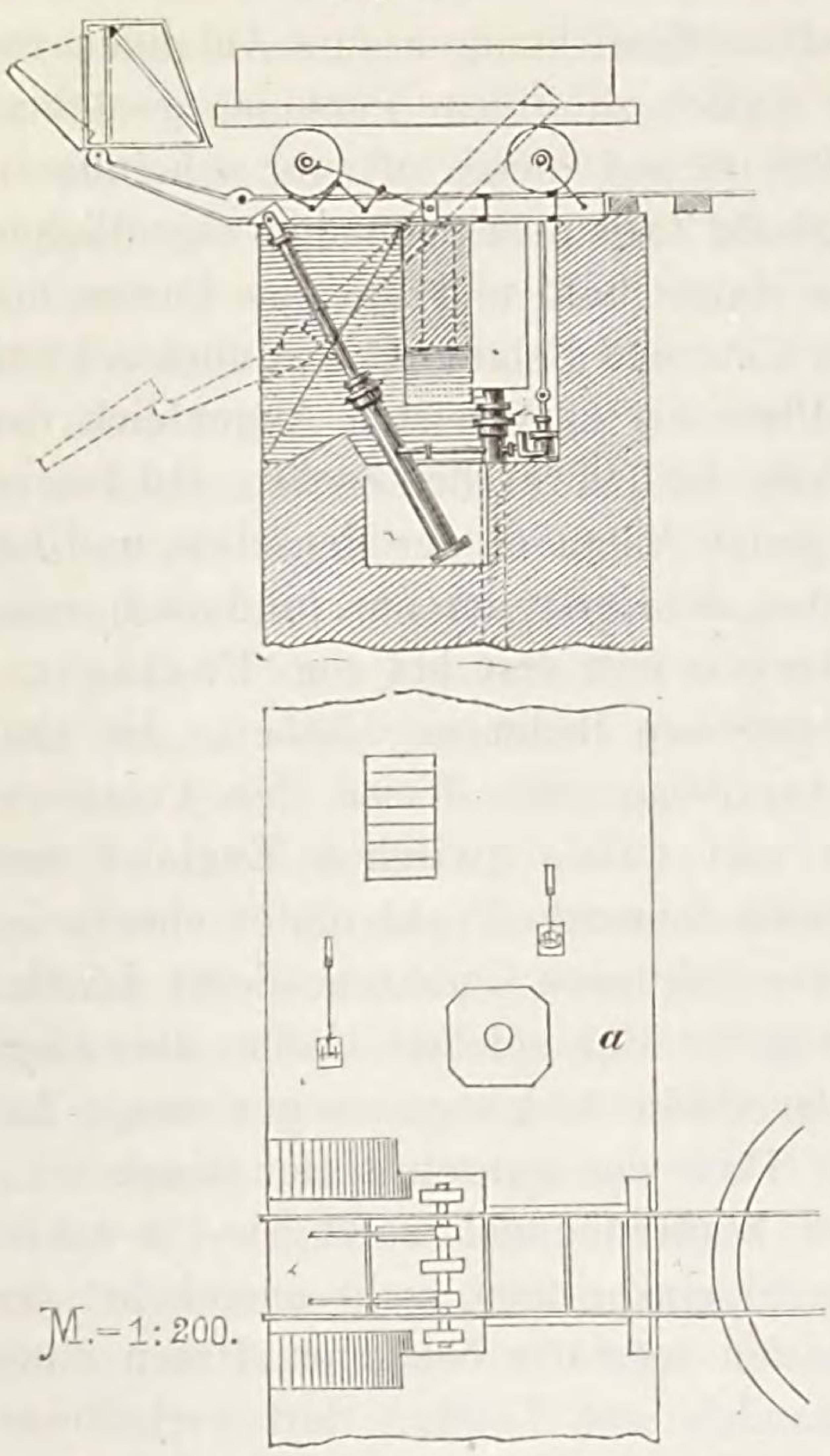
Das erste und zweite dieser Systeme sowie das dritte und vierte haben bezw. die grössere Aehnlichkeit miteinander. Die beiden ersten gewähren bei Weitem die grösste Leistungsfähigkeit, schonen jedoch im Ganzen weniger die Kohle gegen Zerspringen als die letzteren, namentlich das Kastensystem. Um diesen Uebelstand zu verringern wendet man wohl gleichzeitig neben ihnen im Anfang der Beladung Kübel an, welche mit Krahnen bis dicht über den Boden des Schiffes herabgelassen werden. Siehe Fig. 1, Taf. LIX. Sobald sich dann ein bis zur Luke reichender Schüttkegel gebildet hat, können die anderen Methoden mit weniger Nachtheil angewandt werden. Den in jedem Falle sich bildenden Schüttkegel kann man mit Vortheil benutzen um die später nachfolgende Kohle im Schiff leicht auszubreiten, wobei man sich in England leichter Blechplatten zum besseren Gleiten bedient.

Fig. 13.



Von dem Schüttrinnen-System dient die in nebenstehender Fig. 13 dargestellte sehr vollkommene Vorrichtung zu Sunderland als Beispiel. Es sind dabei wegen Veränderlichkeit der Fallhöhe mehrere feste Schüttrinnen übereinander angebracht, vor welchen eine bewegliche Rinne in passender Höhe mit einem besonderen Verbindungsstück *a* eingestellt werden kann. Die zur Zeit nicht benutzten festen Rinnen werden durch eine Klappe geschlossen, welche für die benutzte den Anfang der Rinne bildet. Die Fallhöhe vom Wagen auf die Rinne bleibt constant. In ähnlicher Weise sind an anderen Orten die festen Schüttrinnen, bis sieben übereinander, gradlinig verlängert, was jedoch theuerer ist und die Aufstellung des zu entleerenden Wagens an verschiedenen Stellen bedingt. Meistens stehen zwei bis drei solcher Vorrichtungen in etwa 15m Entfernung nebeneinander um gleichzeitig in zwei oder drei Luken eines Schiffes zu schütten. Um dann jedoch der verschiedenen Entfernung der Luken zu entsprechen, ist das die bewegliche Schüttrinne tragende Gestell nach der in kleinerem Maasstabe beigefügten Grundriss-Skizze *b* etwas drehbar, so dass die Spitze der Rinne um etwa 5m sich horizontal hin und her

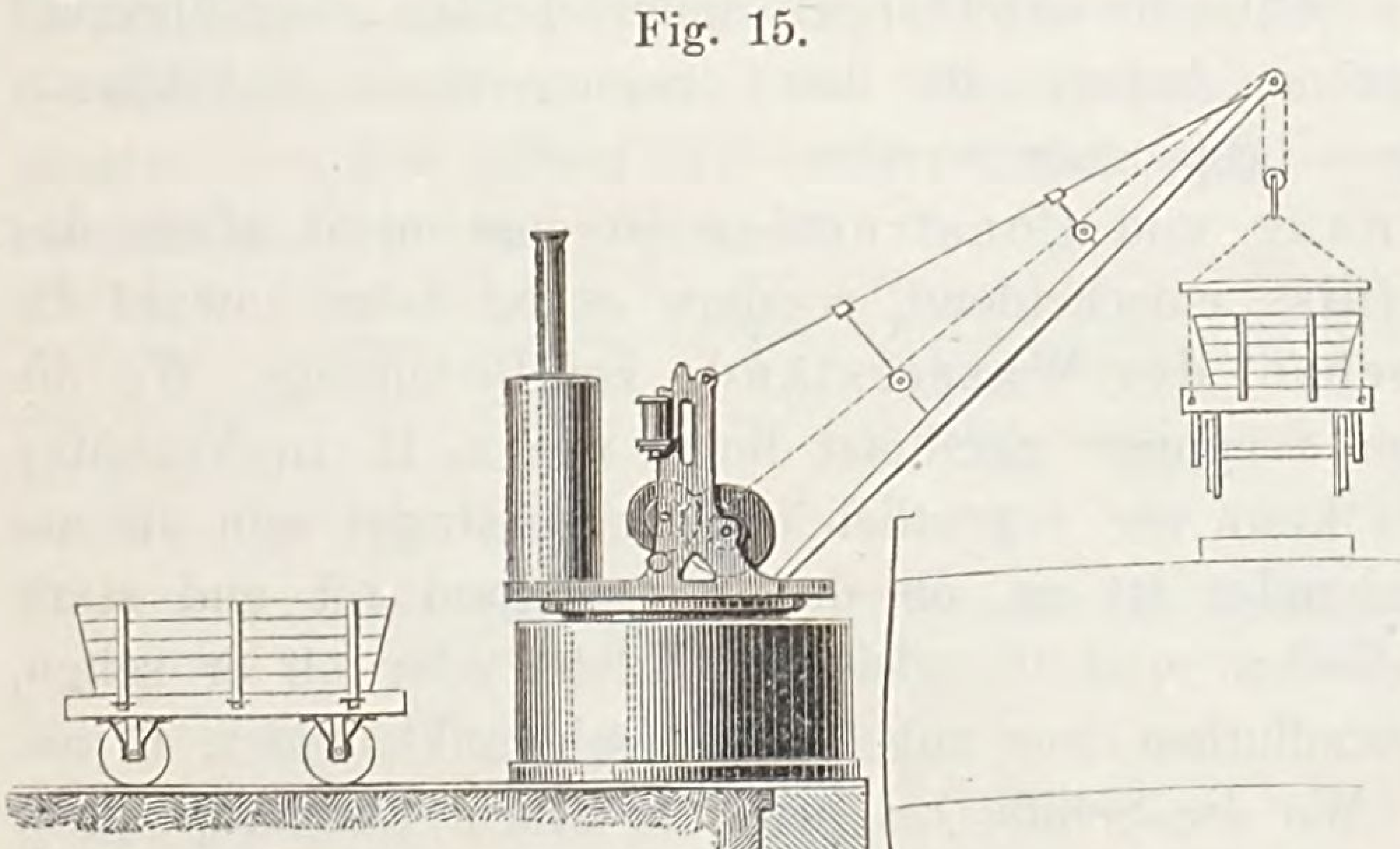
Fig. 14.



bewegen lässt. Es kann dadurch in Luken von 10 bis 20^{m} Entfernung gleichzeitig geschüttet werden. Die Einfalltrichter sind in der Richtung der Wagengleise so lang, dass zwei Wagen gleichzeitig entleert werden können. Damit die Kohle in geschlossenem Strahl hinabgleitet, was das Zerspringen verringert, wird die bewegliche Rinne unten so oft es nöthig ist durch eine Klappe geschlossen. Zur Bedienung einer solchen etwa 10 000 M. kostenden Vorrichtung gehören 4 Mann, wovon nur einer die Klappen der Schüttrinne und deren Neigung regulirt, die anderen die richtige Stellung der Wagen und das Oeffnen der Bodenklappen besorgen. Bei Wagenladungen von 8 Tons und der Benutzung zweier Schüttrinnen nebeneinander wird deren Leistung auf 400 bis 500 Tons in einer Stunde angegeben. Die durchschnittliche Tagesleistung wird jedoch 1500 Tons nicht übersteigen. Diese Art Vorrichtungen stehen oft auf weit in den Hafen vorspringenden Holzgerüsten, siehe Fig. 2, 4 und 8, Taf. LIX, die so im Grundrisse gestaltet sind, dass möglichst viele Schiffe nebeneinander beladen werden können. Das in den Tyne-Docks befindliche, in Fig. 8 dargestellte Gerüst ist in dieser Hinsicht besonders vortheilhaft.

Von dem Kipp-System giebt Fig. 1, Taf. LIX ein Beispiel. Wenn, wie in diesem Falle, die Wagen erst gehoben werden müssen, so dient dazu fast stets ein hydraulischer Cylinder. Daneben wird alsdann in der Regel ein kleinerer Cylinder zum Kippen der drehbaren Plattform gebraucht. Wo dagegen, wie bei hochgelegenen Ufern ein Heben der Plattform nicht erst nothwendig, geschieht das Kippen meist durch das Gewicht des mit seinem Schwerpunkt bis über die Drehachse der Plattform hinausgefahrenen Wagens. Es ist alsdann nur ein Bremsapparat nothwendig, um zu heftiges Niedergehen des beladenen Wagens zu verhüten. Ist diese Bremse eine Wasserbremse, so kann wie bei der sehr sinnreichen und vortheilhaft wirkenden Einrichtung auf dem Köln-Mindener Bahnhofe zu Hamburg, welche in vorstehender Fig. 14 dargestellt ist, die beim Niedergange des vollen Wagens gewonnene Druckkraft zur Hebung des leeren Wagens benutzt werden. Es wechselt zu diesem Zwecke das Wasser nur zwischen dem im Aufrisse sichtbaren schwingenden Cylinder und dem im Grundrisse angedeuteten Akkumulator *a*.

Fig. 15.



Das Krahn-System zeigt in einfacher Weise die nebenstehende Fig. 15. Der feste, horizontal drehbare Dampfkrahn ist auch zu allen anderen grösseren Lasten zu gebrauchen. Eigenthümlicher ist der in Fig. 5, Taf. LIX dargestellte hydraulische Apparat, bei welchem der erste Cylinder die Hebung des Wagens, der zweite die Bewegung des Auslegers, der dritte das schliessliche Kippen der Plattform besorgt. Die ganze Operation dauert 5 Min. Zeit. Es können hierbei Wagen mit Bodenklappen und Kopfklappen benutzt werden.

Ueber andere Constructionen von Kohlensturzvorrichtungen siehe Zeitschr. für Bauw. 1878, Mittheilung von v. Doemming und Schnitger. Die Vorrichtungen zum Ueberladen von Steinkohlen in den Häfen Englands. Zeitschr. f. Baukunde. 1878. S. 235.

§ 9. **Anlandevorrichtungen.** Es giebt eine grosse Anzahl von Seehäfen, in denen ausser Bootstreppen besondere und öffentliche Einrichtungen zum Anlanden für Menschen gar nicht vorkommen, trotzdem dass täglich zahlreiche Personen genöthigt sind zwischen Schiff und Ufer zu verkehren. Der Grund dieses oft nur scheinbaren Mangels liegt darin, dass die bei weitem die grösste Zahl ausmachenden eigentlichen Handelsschiffe in der Regel nicht eher ihre Mannschaft und etwaige Passagiere von Bord lassen dürfen, als bis sie den zu ihrer Ent- und Beladung bestimmten Platz am Ufer erreicht haben, und dass sie diesen Platz bis zum letzten Augenblick der Abreise inne zu halten pflegen. Für diese Art Schiffe ist das rasche Löschen und Laden der Waaren unvergleichlich wichtiger als das bequeme Anlanden der Menschen, und besondere Einrichtungen für letzteren Zweck würden dem ersteren nur hinderlich sein.

Das Bedürfniss eigentlicher Landevorrichtungen tritt erst bei sog. Passagierschiffen ein, welche nur bei gewissen Häfen grössere Bedeutung haben. Es sind dies namentlich diejenigen Häfen, welche in hervorragender Weise den Personen-Verkehr zur See vermitteln, wie z. B. Dover und Calais zwischen England und Frankreich, in denen täglich mehrere regelmässig fahrende Postdampfer ebensoviel Passagiere zu befördern haben, als die von verschiedenen Punkten dieser Länder dort zusammentreffenden Eisenbahnen heranbringen. Bei solchen Häfen überwiegt der Personenverkehr oft bei weitem den Handelsverkehr und bequeme geräumige Anlandevorrichtungen bilden dann den wichtigsten Theil der ganzen Hafenanlage.

Während nach dem in § 1 Gesagten der Waarenhandel vorzugsweise solche Häfen aufsucht, die weit ins Innere des Landes hineinspringen, geht umgekehrt der Personenverkehr grade mehr über die am weitesten seewärts belegenen Häfen eines Landes. So landen trotz des enormen Waarenhandels von London dort verhältnissmässig wenige Passagiere.

Endlich wird das Bedürfniss von Landevorrichtungen im Allgemeinen um so grösser, je mehr der Hafen in directer Verbindung mit einer grossen Stadt steht und je geschlossener seine Gesammtform ist, während umgekehrt isolirte und langgestreckte, aus vielen einzelnen Docks bestehende Häfen entweder gar keinen oder einen sich nicht concentrirenden Personenverkehr haben.

Für manche Häfen bildet der Viehtransport einen wichtigen Zweig des Verkehrs. Die hierfür nöthigen Anlandevorrichtungen unterscheiden sich übrigens fast gar nicht von den vollkommenen Anlagen für den Personenverkehr und können deshalb gemeinschaftlich mit jenen besprochen werden.

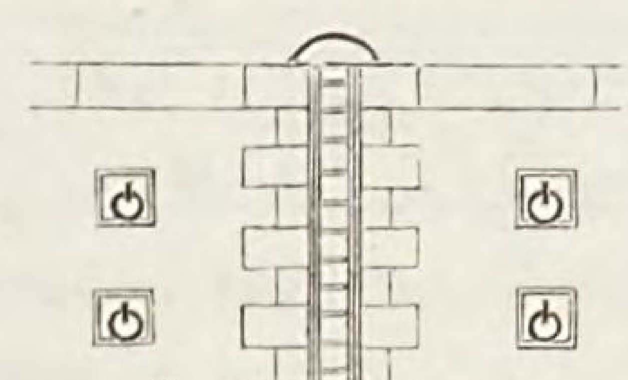
Hinsichtlich der Anordnung und Construction ist nun nicht allein das grössere oder geringere Bedürfniss entscheidend, sondern es ist dabei sowohl die Belegenheit als auch der Wechsel der Wasserstände von Bedeutung. Wo die Anlandevorrichtung vor heftigem Seegange geschützt liegt, wie z. B. in Vorhäfen oder gar in geschlossenen Docks, kann sie wesentlich leichter construirt sein als am offenen Wasser. Noch maassgebender ist es, ob der Wasserstand oft und stark wechselt, wie z. B. an der englischen und französischen Küste, oder ob er selten, langsam und, abgesehen von Sturmfluthen, nur unbedeutend schwankt, wie z. B. am Mittelmeer und an der Ostsee. Wo die Schiffe bei heftigem Sturm überhaupt nicht an das Ufer legen können, darf auch auf die höheren Sturmfluthen keine Rücksicht genommen werden.

Indem nun die verschiedenen Einrichtungen äusserst mannigfaltig und dabei in ihrer Wahl oft von rein localen Umständen abhängig sind, die grösseren endlich

in ihrer Detailconstruction theils zum Schiffbau, theils zum Brückenbau gehören, so möge zunächst eine übersichtliche Eintheilung und sodann eine kurze Besprechung in der Reihenfolge stattfinden, dass die einfacheren den complicirteren vorangehen. Es sind zunächst zu unterscheiden die Anlandevorrichtungen für Böte von denen für eigentliche Schiffe. Für erstere kommen besonders feste Leitern und feste Treppen, seltener bewegliche Treppen, oder Anlandebrücken in Betracht. Für grössere Schiffe dagegen sind Leitern gar nicht, feste Treppen vorzugsweise für Landungen an offener See, dagegen an geschützteren Stellen mehr die bequemeren Landungsbrücken in Gebrauch. Von letzteren sind wieder zwei Arten zu unterscheiden, nämlich solche ohne Ponton, und die auf einem Ponton ruhenden. Diese letztgenannte Art besitzt die grösste Anwendung.

Bei dieser Eintheilung ist von all denjenigen Einrichtungen abgesehen, welche die Schiffe selbst besitzen, also z. B. den beweglichen sog. Fallreeps-Treppen, die zur Seite der Schiffe angehängt werden und namentlich die Verbindung des Schiffes mit dem Boot herstellen, ferner von den Landungsstegen, welche die nicht an einer öffentlichen Landevorrichtung anlegenden Schiffe einfach vom Schiffsdeck auf das Ufer schieben, soweit dies möglich ist. Solche Stege werden auch in seltenen Fällen von der Hafenverwaltung für Passagierschiffe vorgehalten, bedürfen jedoch höchstens insoweit einer Erwähnung, dass sie bei grösserer Länge und Höhe mit Trittleisten und Geländern versehen werden müssen, auch wohl eine verschiebbare Unterstützung durch einen leichten Bock erhalten. Um den Verkehr am Ufer nicht zu stören, werden sie unter Umständen parallel zu demselben gelegt, wobei dann das Schiff zur Aufnahme des oberen Endes des Steges besonders eingerichtet sein muss.

Leitern werden allerdings nur für die Schiffsmannschaften hergestellt, müssen aber möglichst zahlreich vorhanden sein, so dass sich am Kai auf je eine Schiffslänge, also auf 70 bis 80^{m}, mindestens eine Leiter findet. Sie bestehen nach Fig. 16 in der Regel aus Schmiedeeisen, haben etwa 0^{m},5 Breite und liegen so weit in der Mauer vertieft, dass sie nirgends vortreten. Die Sprossen werden aus Flacheisen oder aus zwei hintereinander liegenden Rundeisen hergestellt, um einen besseren Auftritt zu gewinnen. Die ganze Leiter wird so in dem Mauerschlitz befestigt, dass man sie leicht abnehmen und ausbessern oder erneuern kann. Oben auf der Mauer muss ein flacher Bügel angebracht sein, in den man hineingreift, um sich ganz hinauf zu ziehen. Derselbe muss so geformt sein, dass Trossen und Ketten leicht über ihn hinweg gleiten. An den Seiten der Leitern sollen sich in der Mauer Bootsringe zum Festmachen der Fahrzeuge befinden.

Fig. 16.


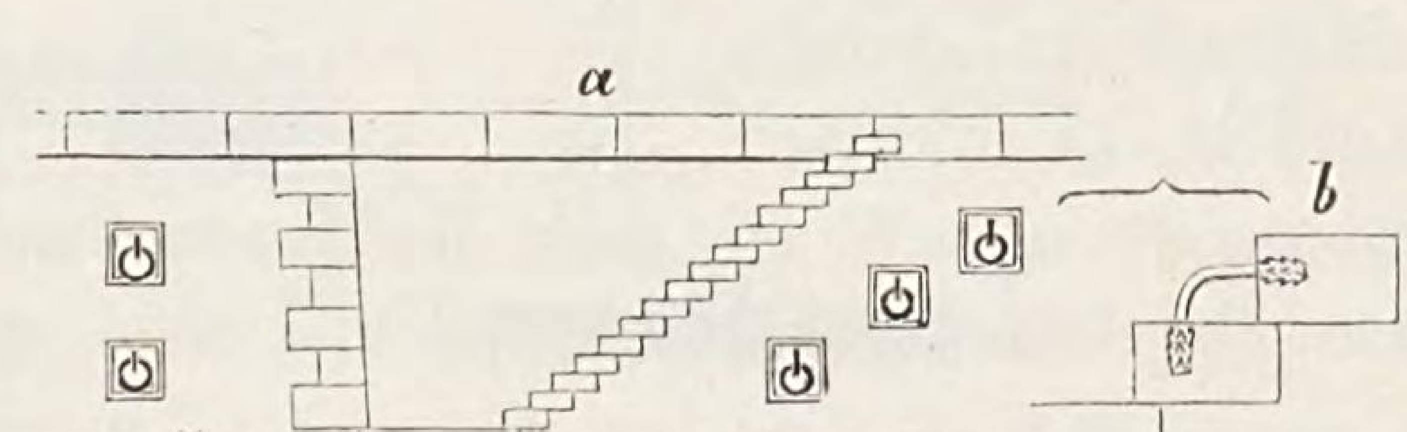


Fig. 17.

M. = 1:200.

Treppen für das Anlegen von Booten müssen an solche Punkte des Kais gelegt werden, welche von grossen Fahrzeugen nicht ausgenutzt werden können und daher immer für Boote frei bleiben, also in die Ecken der Bassins u. s. w. Am besten laufen sie parallel zur Mauerflucht und sind in die Mauer eingeschnitten (s. Fig. 17). Das unterste Podest liegt etwa 1^{m},5 über dem niedrigsten Wasserstande; wenn ein häufiger und starker Wasserwechsel vorhanden ist, werden mehrere Podeste angelegt.

Die Breite einer Bootstreppe muss mindestens 1^m, besser $1^m,5$ bis 2^m betragen, da die Stufen meistens schlüpfrig sind und ein äusseres Geländer nicht angebracht werden kann. Ein eiserner Handläufer an der Mauerseite ist zweckmässig. Bootsringe dürfen an den Seiten nicht fehlen. Ausserdem empfiehlt es sich auf jeder 4ten oder 5ten Stufe einen eisernen Bügel anzubringen, in welchen man mit dem Bootshaken hineingreifen kann, siehe Fig. 17 *b* (S. 1019).

Wo die Wasserstände häufig und stark schwanken, bedient man sich für die Landung von Böten zuweilen beweglicher Treppen. Dieselben gestatten eine verschiedenartige Anordnung. So kann man z. B. einzelne bewegliche Stufen mit ihren Enden auf Vorsprüngen einer Mauernische ruhen lassen, und dieselben durch ein Ponton mit steigendem Wasserstande nach und nach von unten anfangend heben, so dass stets in geeigneter Höhe ein horizontales Podest sich befindet. Oder man lässt die völlig zu einem Ganzen verbundene Treppe unten mittelst Rollen auf einem Ponton ruhen, und bringt die Treppenstufen mit ihrer einen Kante auf der sie zunächst unterstützenden Wange derartig beweglich an, dass sie bei jeder Höhenlage des Pontons horizontal liegen. Zu dem Ende liegt nach Fig. 18 parallel über jeder Wange ein zugleich als Geländer dienender Träger, an welchem die anderen Kanten der Treppenstufen mit einer Hängestange angehängt sind. Beide Träger werden durch starke Ständer, von denen nur der oberste fest, die unteren in Scharnieren beweglich sind, stets in paralleler Lage gehalten. Die Lage der oberen Aufhängepunkte der Stufen und der unteren zwei Stützpunkte gegeneinander hängt von den absoluten Maassen sowie von dem grössten und kleinsten Neigungsverhältnisse der Treppe ab. Eine solche Treppe befindet sich u. A. im Hamburger Hafen.

Wo grosse Schiffe namentlich Postdampfer auch bei heftigem Sturme und Seegange anlegen müssen, sind im Allgemeinen feste, an sicheren Hafendämmen angebrachte Treppen in Gebrauch.

Fig. 18.

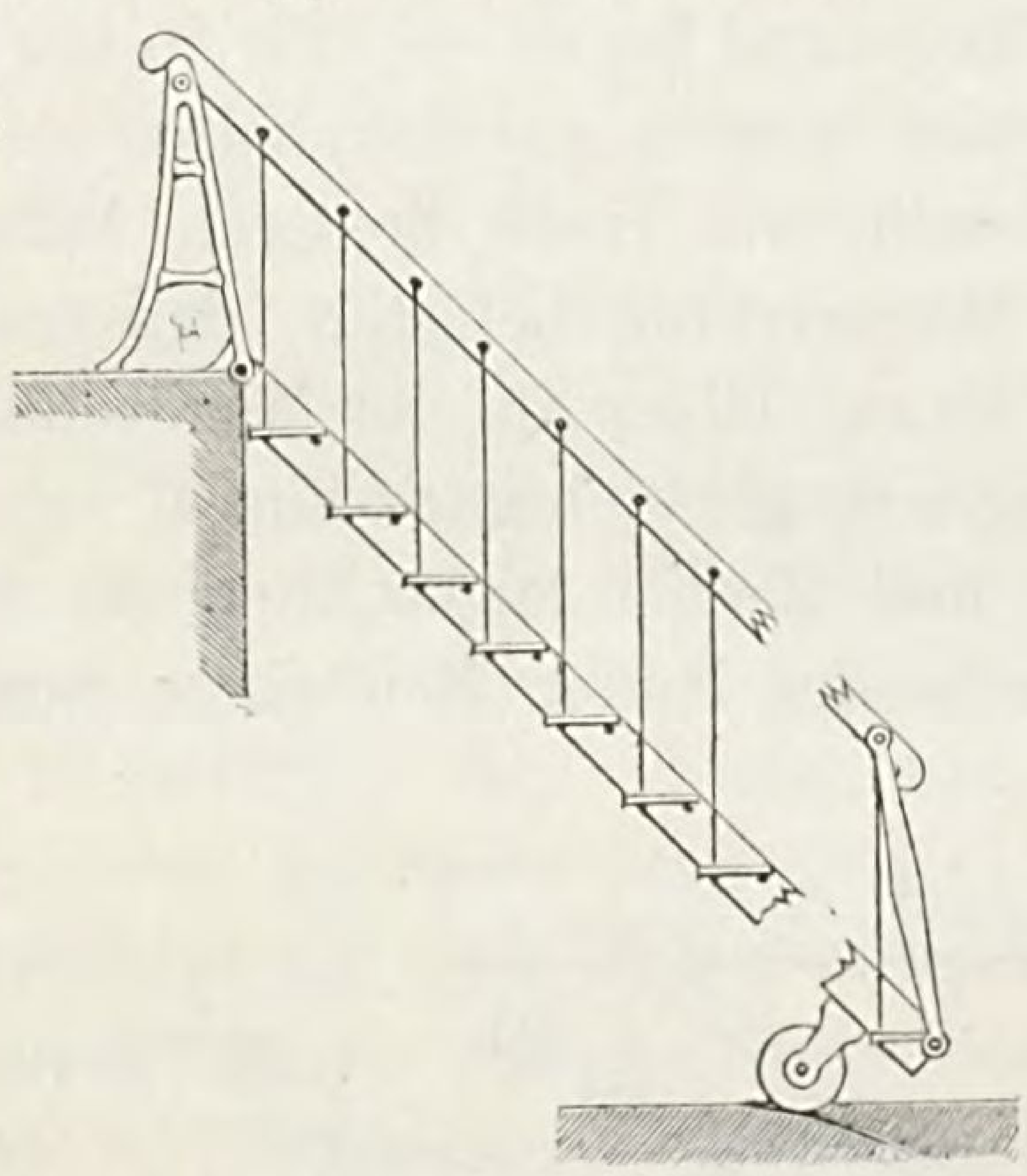
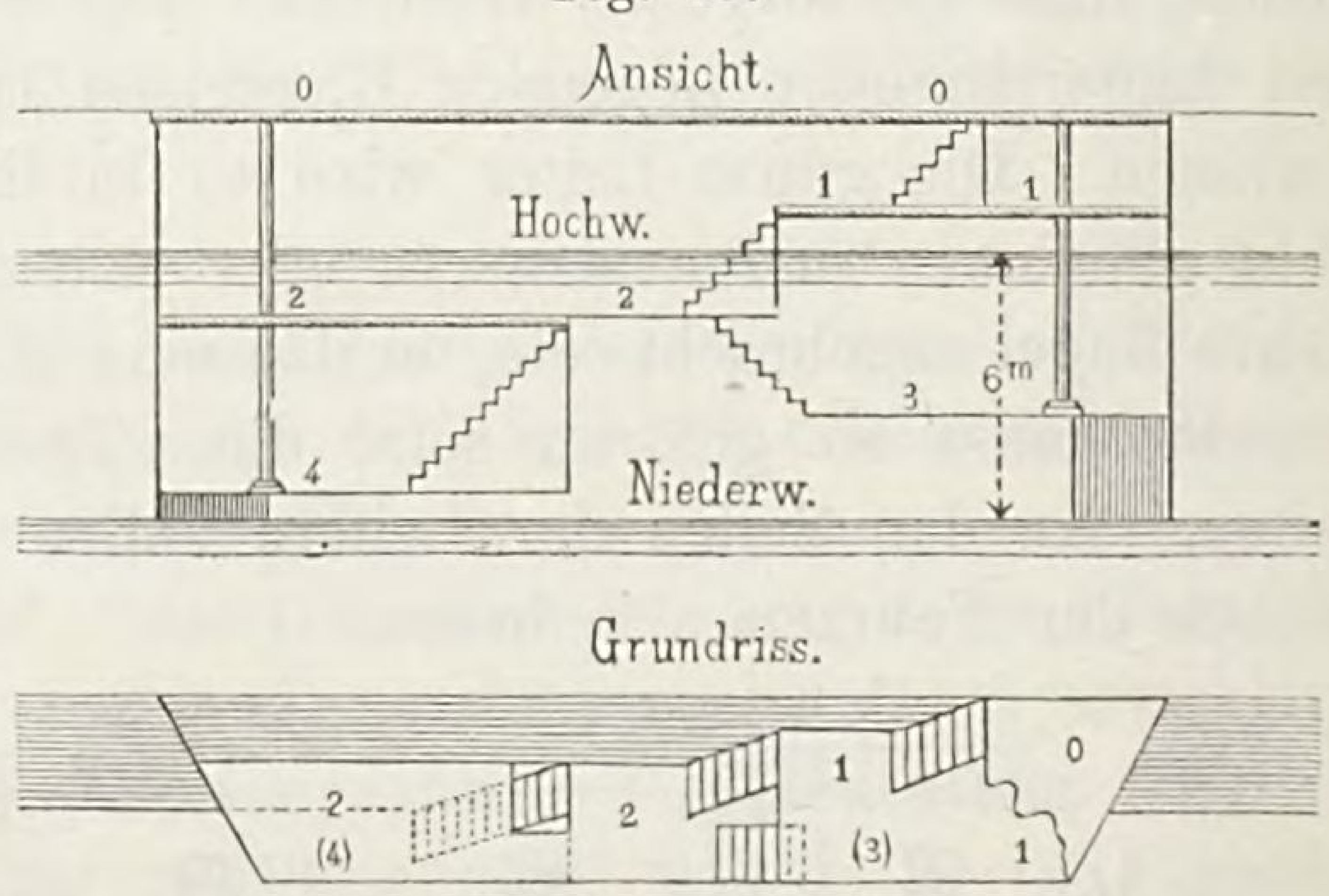


Fig. 19.



Eine der grossartigsten Anlagen dieser Art ist die Treppenanlage am Hafendamm zu Dover, über dessen sonstige Anordnung und Construction § 12 zu vergleichen ist. Dieser Hafendamm wird je nach der Windrichtung bald an der einen, bald an der anderen Seite zum Anlegen der Dampfer benutzt und ist deshalb in der Anlage der Treppen fast symmetrisch auf beiden Seiten. Da die gewöhnliche Fluthschwankung zwischen 5 bis 6^m beträgt, und das Landen unabhängig von der Fluth zu jeder beliebigen Zeit geschehen muss, so waren zum bequemen und sicheren Verkehr zahlreicher Passagiere sehr ausgedehnte Treppenpodeste erforderlich. Dieselben sind in geschickter Weise auf einen möglichst kleinen Raum zusammengedrängt, so dass die Schiffe fast ganz genau an demselben Punkte anlegen können. Es wird hierdurch die Sicherheit des Landens wesentlich erhöht, weil die Schiffsmannschaft jedesmal fast das gleiche Mannöver zu machen hat. Nach obiger Fig. 19 führt von der Krone

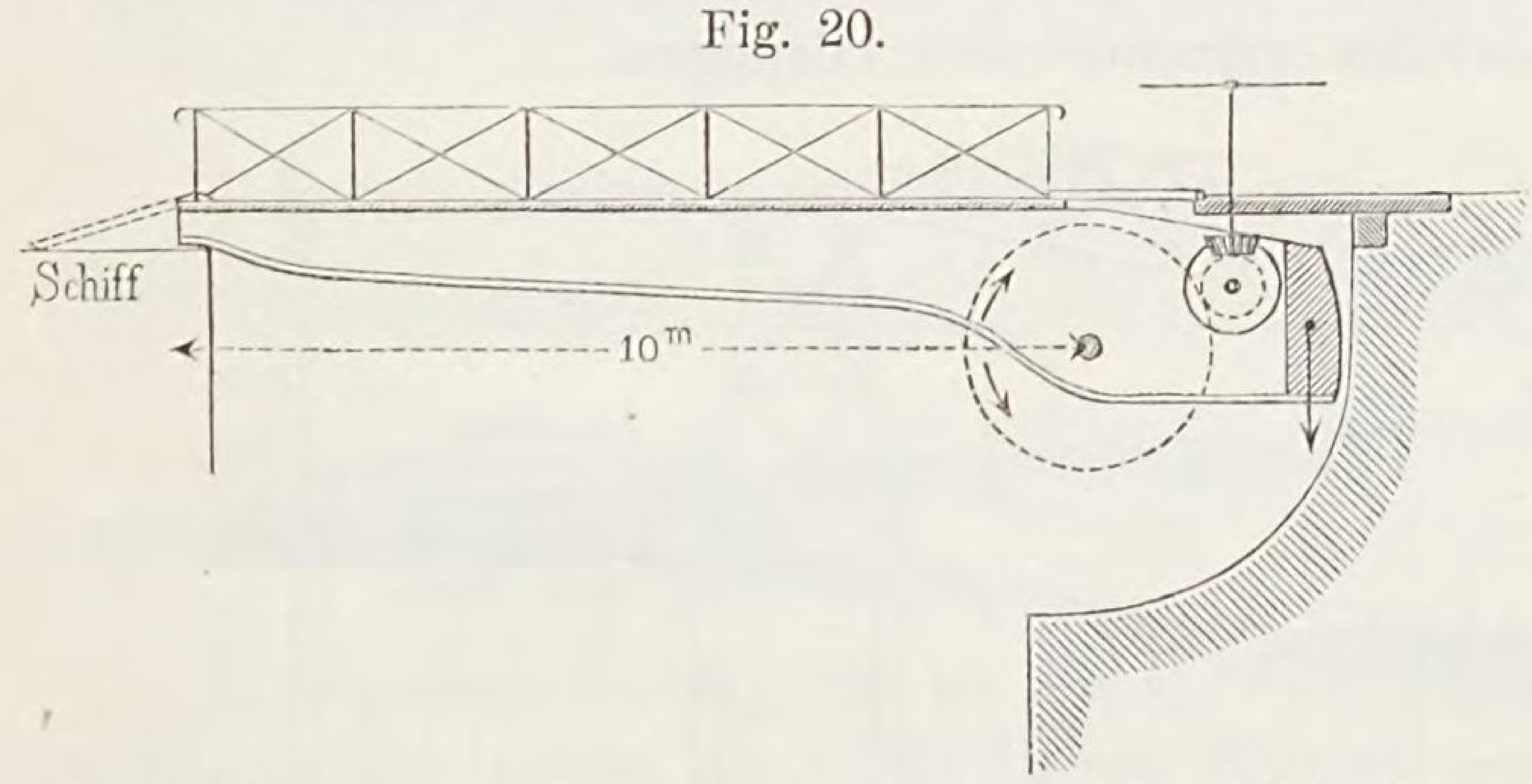
des Dammes (0) die Treppe parallel zur Mauer hinab auf das oberste Podest (1), das etwas über Hochwasser liegt. Das zweite Podest (2) ist etwa 2^m unter Hochwasser angebracht. Von ihm laufen zwei Treppenarme hinab, der eine kürzere mündet auf dem dritten Podest (3), der längere führt zu dem untersten vierten Podest, das nur etwa 1^m über Niedrigwasser liegt. Die ganze Treppenanlage liegt in einem vor den Hafendamm tretenden Vorbau. Die Breite der einzelnen Treppen beträgt $1^m,4$. Die mittleren Podeste 1 und 2 sowie die Krone des Dammes sind als hölzerne Galerien fortgeführt, so dass z. B. das zweite Podest in ganzer Länge über der untersten Treppe und dem vierten Podest hinläuft, und das erste Podest über dem dritten u. s. w. Die oberste Galerie ist im Grundriss fortgelassen.

Von grosser Annehmlichkeit für die Reisenden ist, dass gleich neben der Treppenanlage der Eisenbahnzug auf dem Hafendamm seine Endstation findet. In ähnlicher Weise ist auf der französischen Seite des Canals in Calais die Treppenanlage an dem hölzernen Hafendamm (siehe Fig. 11, Taf. LVIII) angebracht, freilich in einfacherer Weise. Ausserdem wird an diesem Damm immer nur an der westlichen Seite in der eigentlichen Hafeneinfahrt angelegt. Begreiflicherweise macht die Anbringung von Treppen in einem Holzgerüst weniger Schwierigkeit, als an einem Steinbau. In Calais müssen die Reisenden von dem Hafendamm zur entfernteren Bahnstation gehen, trotzdem ein Schienengleis für Güterwagen auf dem Hafendamm liegt.

Von den festen Treppen sei endlich noch bemerkt, dass sie nie, wie es für Binnenschiffahrt wohl zulässig, durch blosse Auskragung der Treppenstufen vor der Mauer hergestellt sein dürfen, damit ein Unterhaken der Fahrzeuge absolut vermieden werde. Wo starker Verkehr gleichzeitig auf- und abwärts stattfindet, empfiehlt sich entweder getrennte Treppenläufe oder wenigstens in der Mitte jedes Treppenlaufs eine Scheidewand anzubringen. Eine Ueberdeckung der Treppe ist sowohl zum Schutz gegen Regen als zur sicheren Passage oberhalb derselben erwünscht. Geländer, Beleuchtung u. s. w. sind nach Umständen anzubringen.

Anlandebrücken ohne Pontons kommen da hauptsächlich vor, wo die Schiffe in mässiger Entfernung vom Ufer anlegen können, das Ufer aber zeitweilig frei von jedem Vorsprunge bleiben muss. Es besteht alsdann oft die Brücke aus einer nur auf der Uferkante ruhenden drehbaren Klappe, wovon Fig. 20 ein Beispiel giebt. Dasselbe ist ähnlich in Hamburg zum Landen der Hamburg-Amerikanischen Dampfschiffe in Gebrauch. Eine solche Klappe kann auch den vorderen Theil eines im Wasser stehenden brückenartigen Gerüstes bilden. Derartige feste Brücken sind hier jedoch als nebensächlich zu übergehen.

Fig. 20.



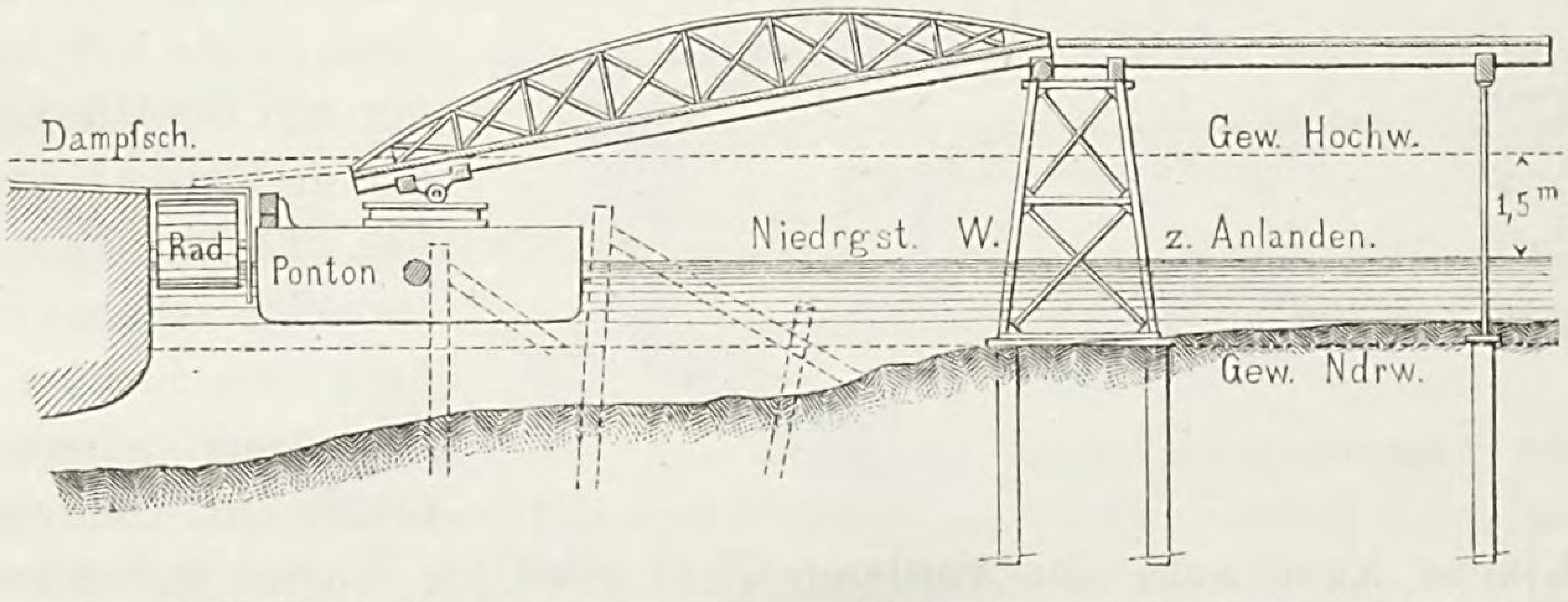
Wo es die Umstände gestatten, namentlich wo nur langsam eine Aenderung im Wasserstande vorkommt, wird die Klappe ausser mit der Hinterkante am eigentlichen Ufer auch an der Vorderkante durch ein festes Gerüst unterstützt, welches zu beiden Seiten der Klappe steht und etwa mittelst langer Schraubenspindeln oder mit Flaschenzügen u. s. w. das Vorderende der Klappe trägt. Aehnliche Vorrichtungen sind an Stromfähren und Schiffsbrücken im Binnenlande häufig, kommen aber auch an der Ostsee z. B. in Swinemünde vor.

Anlandebrücken mit Ponton am vorderen Ende der Klappe sind vorzüglich da geeignet, wo der Wasserstand häufig und rasch sich ändert, wo also eine selbstthätige Einrichtung zur Hebung und Senkung der Brückenklappe erwünscht ist. Die Pontons dienen entweder nur zum Tragen des freien Endes der Brückenklappe und erhalten demgemäss nur geringe Dimensionen; sie müssen alsdann freilich neben der Brückenklappe für das Betreten des Publikums unzugänglich gemacht werden. Oder sie dienen zugleich als eine Art Kai, (schwimmender Kai) sind alsdann, soweit es der Raum des Verdecks, unter Umständen sogar auch des Inneren gestattet, zugänglich und bedürfen dabei einer grossen Ausdehnung und Tragfähigkeit. Wenn die Pontons nur klein sind, so ist die Vorrichtung nur an geschützten Stellen zu jeder Zeit zu gebrauchen, weil bei heftigen Wellen das Ponton zu stark schwanken würde. Bei einer grossen Ausdehnung der Pontons kann denselben jedoch auch eine genügend ruhige Lage trotz starker Wellen gesichert werden.

Die Brückenklappen sind stets am festen Ufer in genügend sicherer Weise gelagert, bei älteren Klappen meist mit einer vollen, in Lagern liegenden Achse, bei neueren meist mit offenen an der Klappe sitzenden Lagern, welche auf cylindrischen oder kugelförmigen Zapfen liegen. Das untere freie Ende liegt fast stets auf Rollen, und zwar neuerdings meist auf zwei übereinander befindlichen Systemen von Rollen. Das obere, an der Klappe befestigte macht die Schwankung und Verschiebung des Pontons in der Richtung der Klappe unschädlich, das untere auf dem Ponton liegende aber die Verschiebungen, welche etwa rechtwinklig zur Klappe erfolgen können, und für diese besonders nachtheilig sein würden.

Wie lang die Klappe sein muss, richtet sich nach der grössten Differenz derjenigen Wasserstände, bei denen auch die Anlandung zu geschehen hat. Es kommt dabei die Höhe des festen Ufers und die Höhe des Pontons über dem Wasserspiegel mit in Betracht. Für Personen und Vieh darf die Neigung höchstens 1:5 werden. Für beladene Fuhrwerke wird 1:20 nicht zu überschreiten sein. Nachstehende Beispiele enthalten die hauptsächlichsten verschiedenen Lösungen.

Fig. 21.

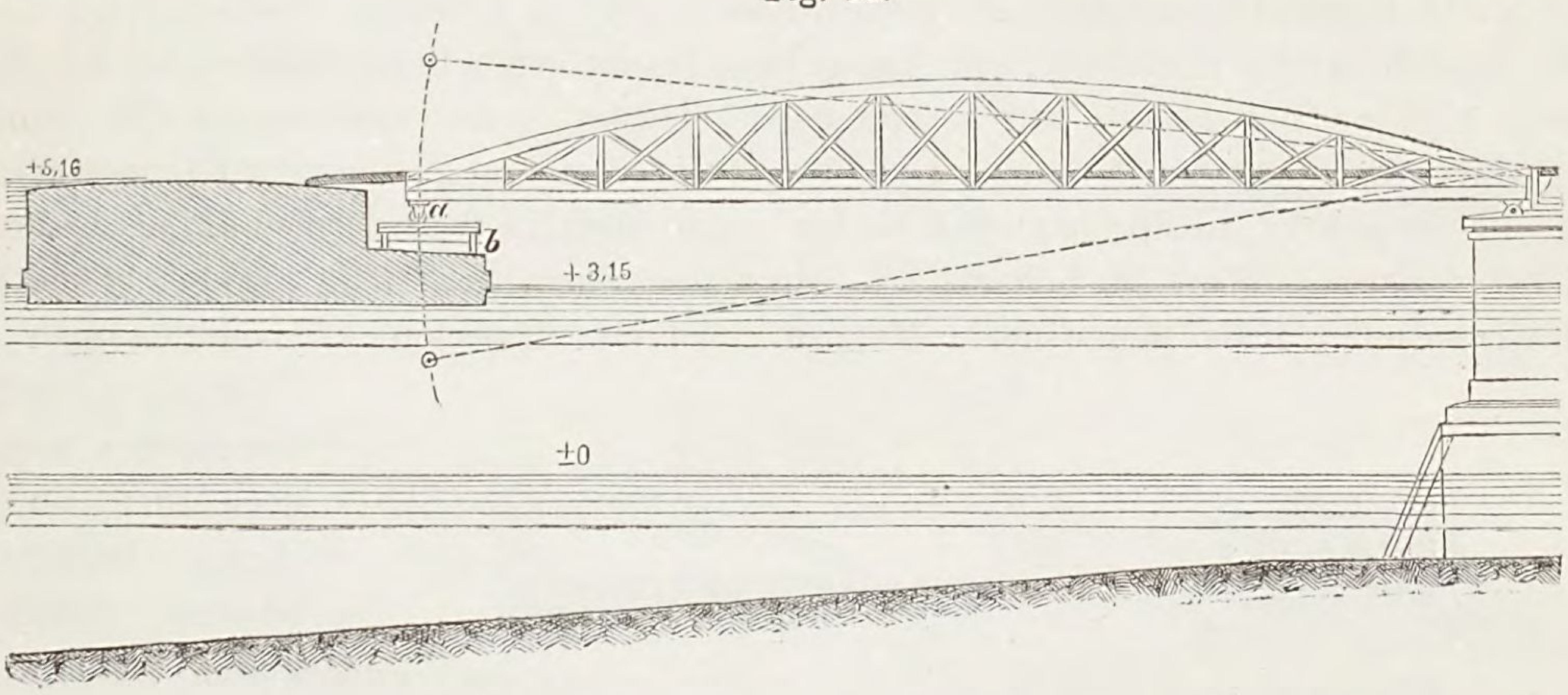


Eine sehr originelle Landebrücke mit kleinem Ponton ist im Jahre 1871 an dem vor starken Wellen ziemlich geschützten Südstrande der Insel Norderney nach der obigen Fig. 21 ausgeführt. Sie dient zum Anlegen der kleinen Passagierdampfer. Die Klappe ist nur etwa 10^m lang und genügt, um bei einer Senkung des Wassers von etwa $1^m,5$ unter gewöhnlichem Hochwasser noch eine Neigung von etwa 1:5 zu geben. Bei tieferem Stande landen eben dort keine Dampfschiffe. Bei höherem Stande als gewöhnlichem Hochwasser neigt sich die Klappe landwärts. Das eiserne, landwärts verankerte Ponton ist etwa 23^m lang, $4^m,6$ breit und $1^m,5$ hoch. Es trägt auf seinem Deck einen kleinen Wagen, der sich in der Längenrichtung des Pontons etwas verschieben kann. Auf der oberen Platte des Wagens ruht mit zwei Rollen das Vorderende der Brückenklappe, so dass also bei den übrigens durch eingerammte Pfähle in gewissen Schranken gehaltenen Bewegungen des Pontons nach seiner Länge oder Quere, durch Wellen oder das anlegende Schiff, die Klappe möglichst wenig angestrengt

wird. Die etwa 2^{m} breite Klappe ist am oberen Ende mit einem Charnier an dem ersten Brückenjoche befestigt. Die feste Brücke ist circa 100^{m} lang und ruht auf etwa 6^{m} entfernten Jochen, von denen das je vierte wie das Endjoch ein Doppeljoch ist, während die zwischenliegenden einfach aus zwei gut verbundenen Ständern bestehen. Diese aus leichtem Schmiedeeisen zusammengesetzten Joche stehen ähnlich wie die Joche eines Nadelwehres mit Gelenken in gusseisernen Pfannen, welche zugleich die Deckel hohler eiserner Schraubenpfähle bilden. Letztere von 3^{m} Länge und 0^{m},3 Durchmesser mit einer etwa 0^{m},7 grossen Schraubenfläche erschienen in dem beweglichen Seestrande als die geeignetste Unterstützung. Die eigenthümliche Verbindung derselben mit den Jochen war nothwendig, um diese im Herbst mit der ganzen Brücke abzubrechen und vor den Winterstürmen und Eisschollen zu bergen. Der leichte hölzerne Oberbau der Brücke gestattet ebenso ein rasches Lösen und Befestigen aller Verbindungen.

Von einer ebenfalls nur mit einem einfachen Ponton versehenen Landebrücke giebt die in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover ausführlich beschriebene Anlandevorrichtung in Harburg ein gutes Beispiel. Es ist jedoch diese Vorrichtung sehr viel solider in den einzelnen Theilen, weil die 5^{m},3 breite Klappe oft dicht gedrängt voll Menschen sich befindet. Ihre Länge ist zwischen den Endpunkten 14^{m},5 und hat bei dem tiefsten Stande eine Neigung von 1:5. Das Ponton sowie die Klappe werden durch starke Düedalben gegen schädliche Bewegungen geschützt. Damit das Ponton sich nicht vom Lande entferne, sind die beiden Enden mit starken Ketten am Ufer verankert. Das nur etwa 17^{m} lange Ponton hätte zweckmässiger mindestens etwa 25^{m} lang sein müssen, um mit den etwa doppelt so langen, freilich sehr spitzen Dampfschiffen annähernd eine gleiche Bewegung bei Wellenschlag und Sturm zu machen.

Fig. 22.

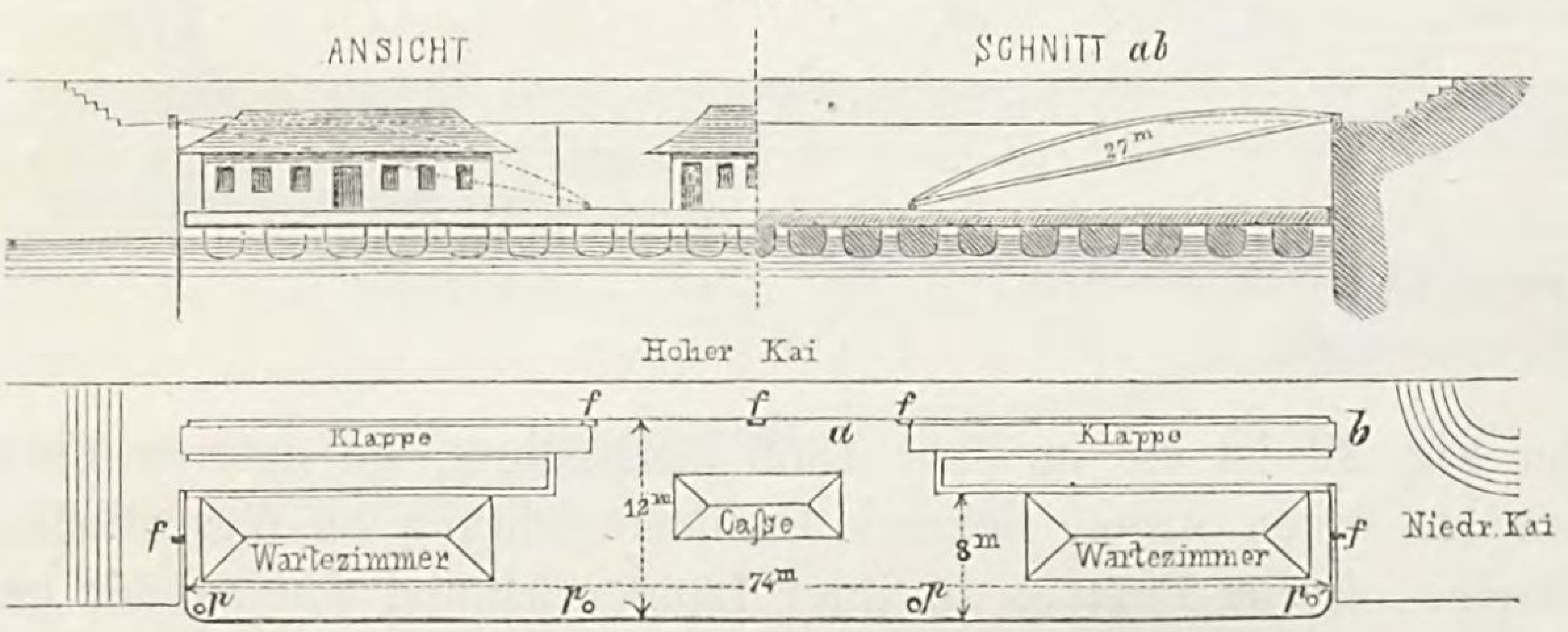


In vorstehender Fig. 22 ist die im Jahr 1869 ausgeführte, im unteren Theil des Hamburger Hafens am freien Strome liegende Landevorrichtung im Wesentlichen dargestellt. Acht einzelne eiserne Pontons in ihrer Längenrichtung aneinander gekuppelt geben eine Länge von 205^{m} dieses schwimmenden Kais, welcher durch drei Brückenklappen von je 23^{m} Länge mit festen Brückenpfeilern verbunden ist. Nebensächlich ist es, dass die 3 Pfeiler in verschiedener Entfernung vom festen Ufer stehen und durch feste Brücken mit diesem in Verbindung sind. Eigenthümlich und unter Umständen sehr nachahmenswerth ist die Auflagerung der Klappen auf dem Ponton, dessen Querschnitt schraffirt ist. Die Pontons besitzen nach der Wasserseite einen etwa 2^{m} über Wasser liegenden 7^{m} breiten Theil zum Anlegen der Personendampfer und nach der Landseite einen nur 0^{m},7 aus dem Wasser tretenden und 3^{m} breiten Theil, welcher mit zum Anlegen zahlreicher Boote dient. Ausserdem ruht auf diesem

Theil mit einem in der Länge des Pontons verschiebbaren Wagen und den an ihr befestigten Laufrollen die Brückenklappe, so dass deren Bohlenbelag nahezu mit dem Deck des höheren Theils in gleicher Höhe liegt. Da das niedrige Deck nach der Landseite geneigt ist, so musste der Wagen 2 hohe und 2 niedrige Räder erhalten. Das Innere des vorn etwa 2m,5 hohen Pontons wird bei schlechtem Wetter als Warteraum benutzt, wozu die Eingänge von dem niedrigen Deck aus angebracht sind. Jedes Ponton lehnt sich an seinem Ende gegen sechspfählige, nach der Landseite stehende Düedalben und greift ausserdem mit einem Dorn (ähnlich wie in Fig. 21 angedeutet) seitlich gegen die nächsten Pfähle derselben, so dass sowohl die Bewegung nach der Landseite als parallel zum Ufer in enge Grenzen gebannt ist. Die Endpontons sind ausserdem noch durch sechzehnpfählige Düedalben nach letzterer Richtung gesichert. Gegen das Verschieben von dem Ufer ab dienen Ketten. Die grösste Wasserdifferenz, bei der das Anlanden vorkommt, beträgt etwas über 5m; bei einem Wasserstand von etwa 3m über tiefster Ebbe liegt die Brückenklappe horizontal. Die höchste und tiefste Lage, bei welcher letzteren die Neigung 1:7 beträgt, ist punktirt angedeutet.

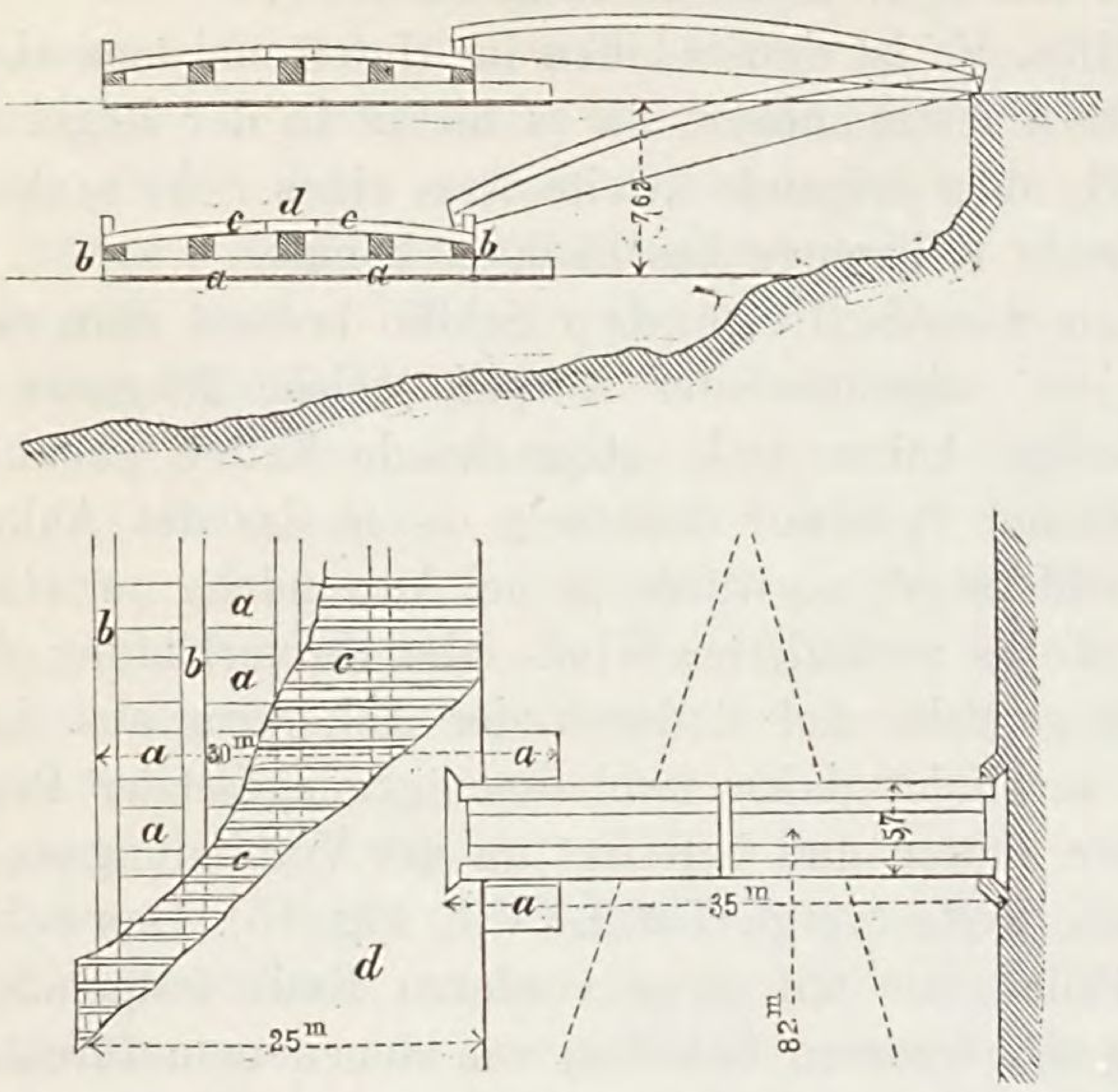
Fig. 23 zeigt die Anlandevorrichtung bei der Westminster-Brücke in London. Das Ponton ist hier, wie bei vielen Anlandevorrichtungen in England, aus mehreren kleinen (hier 19) Pontons flossartig zusammengesetzt, indem das obere Deck erst auf den einzelnen Pontons ruht. Der Vortheil dieser Anordnung liegt zunächst darin, dass die durch Luken von oben zugänglichen Pontons einzeln untersucht und im Falle der Reparaturbedürftigkeit ausgewechselt werden können. Sodann wird dabei die eigenthümliche Grundrissform des ganzen Decks ermöglicht, welches in der Mitte etwa 12m, an den Enden nur 8m breit ist. Dieser Breite entsprechen die Längen der darunter liegenden Pontons. Die etwa 2m breiten und 27m langen Klappen liegen parallel zum Ufer mit ihren oberen Enden grade noch in wasserfreier Höhe, während die Hauptstrasse etwa 2m höher liegt. Zwischen ihnen und dem vorderen Theil des schwimmenden Kais liegen feste Mauern. An den Punkten *ff* befinden sich die Führungen, welche aus starken schmiedeeisernen, an der Mauer befestigten Backen bestehen, hinter welche hakenförmige Ansätze (in der Mitte eine Rolle) des Verdecks fassen. Auf jedem Ende des Decks stehen Wartezimmer und in der Mitte die Casse. Etwa 5 Minuten nach der Landung verlässt ein mit 100 bis 200 Personen besetzter Dampfer diese Vorrichtung, worauf sofort ein neuer landet.

Fig. 23.



Die grossartigsten Landevorrichtungen befinden sich in Liverpool und gegenüber in Birkenhead. Die bedeutendste in Liverpool ist zunächst im Grundriss aus Fig. 6, Taf. LVII und in ihrer wesentlichsten Anordnung im Querschnitt aus nachstehender Fig. 24 (S. 1025) zu ersehen. Der schwimmende Kai ist zu verschiedenen Zeiten erweitert und misst reichlich 600m Länge und 25m Breite. Mit dem Ufer ist derselbe durch 7 Klappen von 35m Länge und ausserdem durch eine 140m lange Pontonbrücke

Fig. 24.



verbunden. Da die Klappen bei dem wenn auch nur kurze Zeit dauernden tiefsten Stande fast eine Neigung von 1:4 annehmen und längere Zeit vom Fuhrwerk gar nicht zu passiren sind, so ist jene eine Neigung von höchstens 1:20 annehmende Pontonbrücke nachträglich angebracht. Dieselbe besteht aus etwa 12^m langen Pontonjochen und dazwischen liegenden etwa 11^m langen frei schwebenden Brückentheilen. Ein jedes Joch hat wieder 8 Stück eiserne Pontons, die sich bei Ebbe nach und nach auf eine in 1:20 geneigte Ebene aus Mauerwerk setzen, so dass oft die untere Hälfte der Brücke horizontal, die obere geneigt ist. Die Brücke liegt in einem entsprechend tiefen Einschnitt des Ufers.

Der schwimmende Kai besteht zunächst aus 25^m langen, 3^m breiten und $1^m,5$ hohen eisernen Pontons *a a*, welche durch eine Längswand und 4 Quer-Scheidewände in wasserdichte Abtheilungen zerlegt sind. Jede Abtheilung ist einzeln zugänglich und hat eine eigene Pumpe. Wo die Klappen aufliegen, befinden sich je 3 grössere 30^m lange, $3^m,6$ breite Pontons ähnlicher Einrichtung. Auf diesen 112 verdeckten und gegen Wellenschlag wasserdicht geschlossenen, dabei in den etwa $1^m,8$ von einander entfernten Pontons liegen 5 grosse Spannbalken *b b* von verschiedener Höhe, in der Mitte $1^m,5$, an den Seiten $1^m,3$ hoch, damit das obere Dock nach beiden Seiten eine genügende Abwässerung erhält. Diese Balken sind kastenförmige eiserne Träger; sie sind mit den Pontons durch Schrauben fest verbunden und dienen sowohl zur steifen Längsverbindung des ganzen Kais als auch zum Tragen der $0^m,3$ breiten und $0^m,6$ hohen, aber aus zwei Schichten bestehenden, etwa $1^m,3$ von Mitte zu Mitte liegenden hölzernen Deckbalken *c c*, welche wiederum mit den Spannbalken fest verbolzt sind. Auf den Deckbalken liegt das aus zwei starken Bohlenschichten hergestellte Verdeck *d*, dessen obere Schicht kalfatert ist. Die Höhe desselben ist übrigens an mehreren Stellen verschieden, je nach der Höhe der in der Regel anlegenden Fahrzeuge.

Dass bei diesen, wie bei allen ähnlichen Vorrichtungen die Pontons mit Streichhölzern, die Verdecke mit Geländern (in der Regel aus beweglichen Pfosten mit Ketten bestehend), ferner mit Pollern versehen sind, sei hier nur erwähnt. Die Brückenklappe enthält eine, die Pontonbrücke dagegen zwei Fahrbahnen, welche für die Räder ganz mit Eisen belegt sind; ausserdem sind zu jeder Seite zwei Fusswege. Der ganze schwimmende Kai wird durch kreuzweis in etwa 77^m Entfernung an demselben sowie am Ufer befestigte Ketten von 6^{cm} Stärke verankert, und liegt wegen seiner grossen Länge und steifen Verbindung auch bei starkem Winde ruhig. Die Kosten dieser 600^m langen Vorrichtung haben etwa $4^1/_2$ Millionen Mark betragen. Eine ähnliche kleinere Landevorrichtung ist in dem Vorhafen von Vlissingen bei *A* der Fig. 3, Taf. LIX erbaut.

Näheres über diese Vorrichtungen siehe Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. II, Zeitschr. f. Bauw. Bd. XIII u. Deutsche Bauz. 1858.

§ 10. Befestigung der Schiffe. Es ist den Schiffen im Hafen meistens nicht gestattet, sich an ihren eigenen Ankern festzumachen, da es hierzu in der Regel an Platz gebricht, und der etwaige nach oben zeigende zweite Arm eines Schiffsankers sehr leicht andere über ihn fortgehende Fahrzeuge beschädigen könnte.

Zur Befestigung der nicht am Lande liegenden Schiffe bedient man sich zunächst bei grosser Tiefe der Bojen, schwimmender Körper, welche ihrerseits in der Regel durch sehr starke einarmige Anker und entsprechende Ketten gehalten werden. Da ein solcher Anker aber nur in einer Richtung — in der des Ankerschaftes — dem Zuge hinreichend widersteht, so würde es bei Anwendung nur eines Ankers leicht möglich sein, dass in Folge veränderter Wind- oder Stromrichtung der Ankerschaft von der Kette aufwärts gedreht und dadurch der Ankerarm aus dem Boden herausgehoben würde. Man verbindet daher zwei in entgegengesetzter Richtung verlegte Anker durch horizontale Ketten und befestigt an der Verbindungsstelle eine von der Boje getragene verticale Kette (vergl. Taf. LXVII, Fig. 15). Das Schiff wird an der Boje in den meisten Fällen nur mit einer vorderen Kette festgemacht und schwajet frei um die Boje. Bei sehr grossen Schiffen, von denen man fürchtet, sie möchten die Boje mitnehmen, bringt man auch hinten eine Kette nach der zweiten Boje aus. Hierdurch entsteht allerdings der Nachtheil, dass das Schiff sich nicht mehr in den Wind resp. die Strömung hineindrehen kann und dadurch diesen eine grössere Angriffsfläche bietet, als wenn es frei schwajet.

Wenn der Boden zur Verlegung von Ankern nicht geeignet ist, so kann man namentlich auf sehr weichem Grunde mit Nutzen zur Befestigung der Bojen grosse künstliche Blöcke verwenden, die durch ihr Gewicht so tief in den Boden einsinken, dass genügender Widerstand erzielt wird. Fig. 13 und 14, Taf. LXVII zeigen eine derartige Ankerboje, wie sie im Kieler Hafen vielfach zur Anwendung gekommen ist.

Wenn die Wassertiefe nicht aussergewöhnlich gross ist und der Boden aus festem Sand oder Thon besteht, so ist auch die Grundschraube sehr zu empfehlen. (Fig. 16 derselben Tafel). Die Drehung erfolgt vermittelst eines auf den vierkantigen Kopf gesteckten Schlüssels. Wenn eine Schraube von etwa 1^m Durchmesser 2^m tief eingetrieben wird, so widersteht sie in der Regel dem Zuge der schwersten Schiffe, doch muss bei weicherem Boden der Durchmesser und die Höhe der Schraube vergrössert werden. Sie muss unter allen Umständen so tief eingeschraubt werden, dass der Kopf nicht über der Hafensohle vorsteht, da die Schraubenspindel andernfalls auf Bruch beansprucht wird, und bei niedrigem Wasser möglicherweise auch Schiffe durch den vorstehenden Kopf beschädigt werden könnten.

Die Bojen bestehen aus einem hohlen, wasserdicht verschlossenen Körper, durch welchen eine eiserne Stange oder Kette hindurchgeht, an deren unterem Ende die Ankerkette hängt, während an das obere Ende die Schiffskette angehakt wird. Ihre Grösse ist so zu bemessen, dass der entstehende Auftrieb das Gewicht der Ankerkette auch unter den ungünstigsten Umständen zu tragen vermag. Sie wurden früher aus Holz, jetzt fast ausnahmslos aus Eisenblech hergestellt und besitzen im Innern wasserdichte Querwände, damit bei entstehenden Undichtigkeiten nur ein Theil der Boje sich mit Wasser füllen kann, und ein Sinken derselben vermieden wird. Es ist zweckmässig, zum Schutze des Eisenblechs ringsum eine hölzerne Scheuerleiste anzubringen (siehe die Figuren). Da die glatte Boje mit den Bootshaken schwer zu

fassen ist, so empfiehlt es sich auch am Rande leichte Ketten aufzuhängen, an welchen ein Boot sich halten kann, bis die Schiffskette an dem Ringe der Boje befestigt ist. Dies geschieht mittelst des in Fig. 18, Taf. LXVII dargestellten Schlipphakens, bei welchem die eingehakte Schiffskette nur durch das Glied *a* angedeutet ist.

Die Bojen müssen sehr sorgfältig im Anstrich unterhalten und jährlich mindestens einmal mit etwa 1 Atm. starkem Wasserdruck hinsichtlich ihrer Dichtigkeit geprüft werden. Um in das Innere gelangen zu können, muss jede Abtheilung mit einem Mannlochverschluss versehen sein.

Die Form der Bojen ist ausserordentlich verschieden, je nachdem mehr Gewicht darauf gelegt wird, dass sie den Wellen eine möglichst geringe Angriffsfläche bieten, oder dass die Befestigung der Schiffe möglichst leicht erfolgen kann. In ersterer Hinsicht sind die Kegelbojen (siehe Cap. XVIII) und liegenden Cylinder vorzuziehen, in letzterer die stehenden Cylinderbojen (Fig. 13), auf denen man beim Einschäkeln der Schiffskette bequem Fuss fassen kann.

Die Befestigung an Bojen ist in Häfen mit starkem Wasserwechsel nur zulässig, wenn die Schiffe nach allen Seiten einen grossen Platz zum Schwajen haben, da des Wasserwechsels wegen die verticale Kette für das grösste Hochwasser bemessen werden muss, und somit die Boje bei Niedrigwasser von ihrem eigentlichen Ankerplatze weit fortgetrieben werden kann und mit ihr das daran liegende Schiff. Dieser Umstand muss auch bei Bestimmung der Entfernung zwischen den einzelnen Bojen insofern berücksichtigt werden, als möglicherweise in Folge stärkerer Strömung oder grösserer Wassertiefe die seitliche Verschiebung der Bojen an einzelnen Stellen grösser ist, als an anderen und es daher nicht genügt, die Entfernung nur mit der grössten Schiffslänge übereinstimmen zu lassen.

In Häfen mit starkem Wasserwechsel und mit geringerer und gleichmässiger Tiefe benutzt man fast ausschliesslich zur Befestigung die Dücdalben, Bündel von eingerammten Pfählen, meistens aus Holz, selten aus Eisen. Dieselben haben den Vortheil, dass das Schiff sich fest gegen die Pfähle legen und, wenn es vorn und hinten an solchen Dücdalben befestigt ist, seine Lage durchaus nicht ändern kann. Man kann daher ein zweites Schiff unmittelbar neben das erste legen und ist im Stande, auf demselben Platze, den ein um eine Boje schwajendes Schiff einnimmt, mindestens 20 gleich grosse Schiffe an Dücdalben zu befestigen. Die Befestigungsketten werden jedoch dabei verhältnissmässig stärker in Anspruch genommen, als bei den Bojen, da die Dücdalben bei Wellenschlag nicht wie jene der Bewegung des Schiffes in gewissem Grade nachgeben.

Die Entfernung der Dücdalben vom Ufer und von einander kann allgemein nicht bestimmt werden. Sie hängt immer von der Grösse der vorkommenden Fahrzeuge und von der Lage, welche dieselben einnehmen sollen, also namentlich ob parallel oder quer zur Uferrichtung, ab. Es ist dabei zu beachten, dass die Schiffe nicht bloss durch seitliche Ketten, sondern auch nach vorn und hinten gehalten werden müssen, was in der Regel dadurch erreicht wird, dass ein Dücdalbe, welcher z. B. die hintere Seitenkette des ersten Schiffes trägt, auch zugleich die Vorderkette des zweiten Schiffes aufnimmt.

Die Dücdalben bestehen mindestens aus 3 Pfählen, meistens aus einer grösseren Anzahl, von denen dann der mittlere höher ist, als die andern, und lothrecht steht, während jene eine Neigung von 1:3 bis 1:4 gegen die Verticale erhalten. Der Mittelpfahl, auch Königspfahl genannt, muss 1 bis $1^{m},5$ über den höchsten Wasserstand

reichen und zwar nicht weniger, um bei solchem Wasser noch Ketten umschlingen zu können, ohne dass sie durch den schräg aufwärts wirkenden Zug abgleiten, jedoch auch nicht mehr, damit das Belegen bei niedrigen Wasserständen nicht zu schwierig wird. Die Köpfe der Pfähle werden entweder abgerundet, oder mit Holz bedeckt, oder auch mit Zink resp. Kupferblech benagelt.

Die Verbindung der Pfähle erfolgt, wenn die Anzahl derselben gering ist, am einfachsten durch Schraubenbolzen, sonst durch umgelegte Bügel und Ketten, die eventuell zugleich zum Befestigen der Schiffstaue mit benutzt werden können.

Zur Sicherung der Pfähle gegen den Bohrwurm dienen Imprägnirung mit Creosot, Benageln mit Kupferblech und mit schmiedeisernen Nägeln, wovon bei Construction der Hafendämme weiter die Rede sein wird.

Fig. 15 auf Taf. LXI zeigt einen 9pfähligen Dücdalben des Kieler Hafens. Die Pfähle sind über Wasser mit je 2 Leisten von hartem Holz versehen, theils zum Schutz gegen die Abnutzung durch Ketten und Taue, theils um das Gleiten der letzteren auf den Pfählen zu verhindern. Eine horizontale starke Scheuerleiste, auf welcher man sicher stehen kann, erleichtert zugleich bei niedrigen Wasserständen das „Belegen" des Dücdalben.

In Fig. 16, Taf. LXI ist ein eiserner Dücdalbe aus 3 Schraubenpfählen, der sich im Hamburger Hafen befindet, dargestellt. Die Pfähle besitzen $0^{m},35$ Durchmesser und sind aus 10^{mm} starkem Blech gebildet. Um sie leichter einschrauben zu können, sind sie unten offen gelassen, besitzen aber aussen und innen Schraubengewinde. Sie sind also unten mit Sand gefüllt. In der Höhe der Hafensohle ist in die Röhren ein wasserdichter Boden eingenietet, so dass der darüber liegende Theil frei von Erde und Wasser ist. Der Nutzen eines solchen wasserdichten Bodens ist allerdings nicht recht einleuchtend. Es dürfte sich vielmehr zur Vergrösserung der Stabilität des Dücdalben empfehlen, die Röhren vollständig mit Sand zu füllen. Die Pfähle sind oben durch Holzdeckel und eine gusseiserne Kappe dicht verschlossen und mit einander fest verbunden. Das Gewicht des ganzen Dücdalben betrug 7000^{K}.

Zum Befestigen der Schiffe am Lande bedient man sich entweder der Schiffsringe oder der Schiffshalter.

Die Ringe, siehe nachstehende Fig. 25, werden meistens aussen in der verticalen Mauerfläche angebracht, selten auf dem Terrain hinter der Mauer. Im ersten Falle müssen sie entweder vertieft in der Mauer, oder aber zwischen Reibhölzern liegen, so dass kein Fahrzeug durch sie beschädigt werden kann. Sie werden durch Augbolzen befestigt, welche in allen Fällen durch die Mauer reichen, am besten sogar unabhängig von ihr durch besondere Ankerpfähle gehalten werden, damit die oft sehr heftigen Stösse, die durch Schwanken des Schiffes in den Ketten entstehen, nicht auf das Mauerwerk wirken. Schwere Fahrzeuge dürfen daher an solchen Ringen nicht befestigt werden, obgleich die letzteren den Vortheil vor anderen Befestigungsarten haben, dass der Kai oben durch keine Ketten und Taue gesperrt wird. Die Ringe können entweder abwärts (s. Fig. 25 *a*) oder seitwärts (s. Fig. 25 *c*) gedreht werden. Letzteres ist bequemer für das Einbinden von Ketten, ersteres verhindert unbedingt ein Vortreten des Ringes, der sich durch sein eigenes Gewicht immer glatt an die Mauer legt. Seeschiffe kleinster Art können wohl an eisernen Kreuzen oder Bügeln befestigt werden, welche vertieft in die Mauer eingelassen und mit Blei vergossen sind. Ein verticaler

Fig. 25.

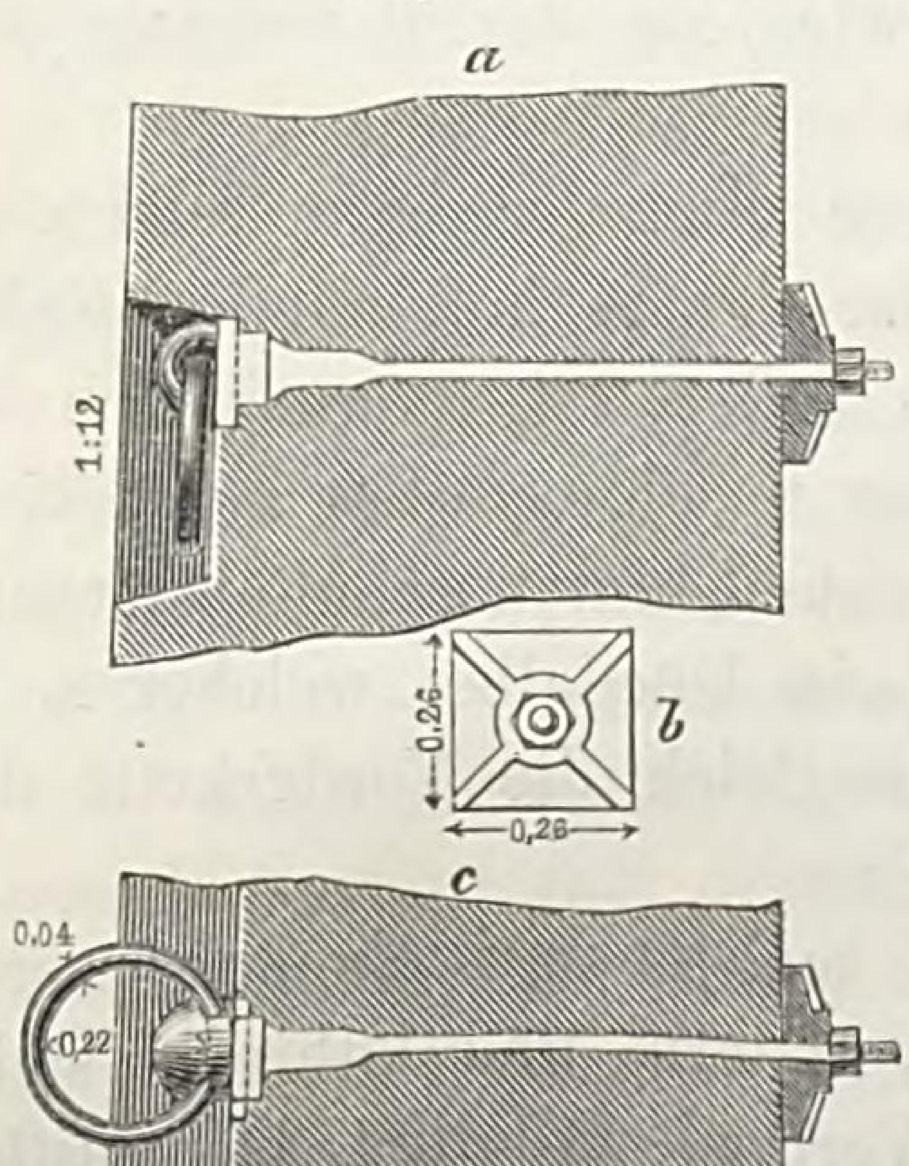
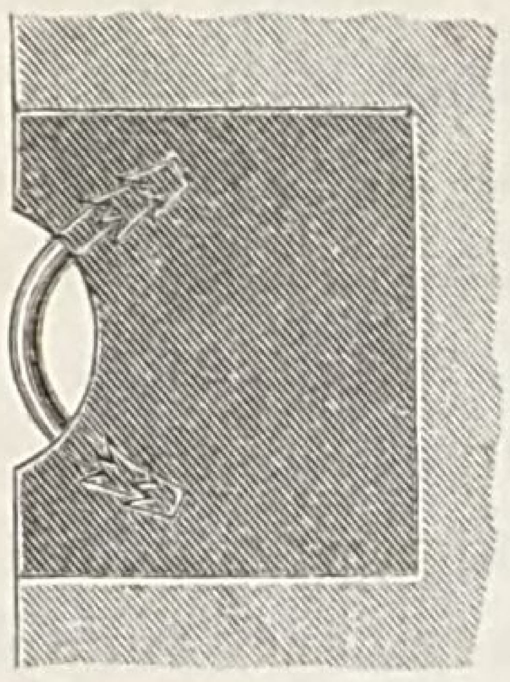


Fig. 26.



Bügel, wie ihn die nebenstehende Skizze Fig. 26 darstellt, ist hierfür am bequemsten.

Wenn die Ringe hinter der Mauer liegen, so müssen sie nach unten an eingerammte Pfähle oder an einen Mauerklotz verankert werden, und sich in dem Auge des Ankerbolzen so drehen, dass sie flach auf dem Terrain liegen. Der Durchmesser des Ringes muss etwa 30 bis 40^{cm}, die Stärke 6 bis 8^{cm} betragen.

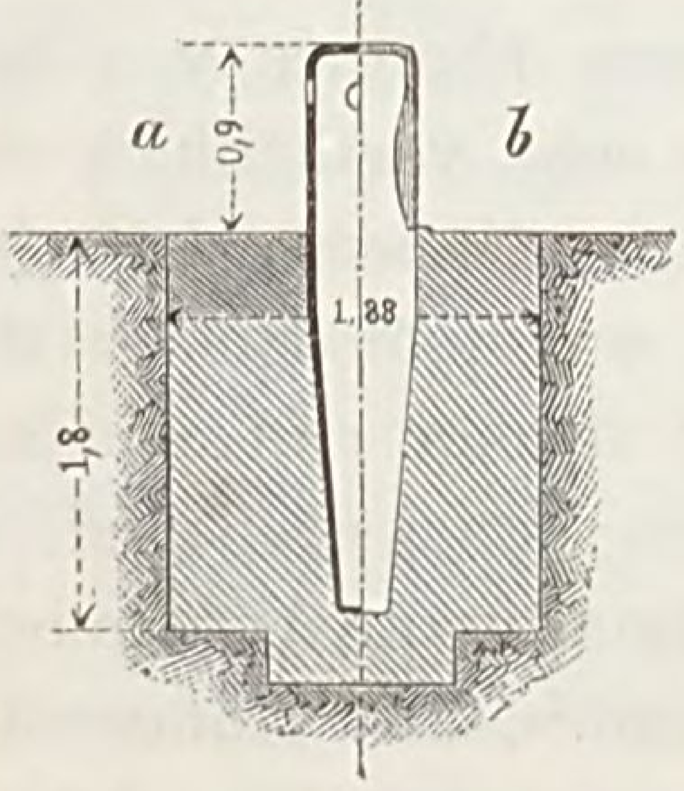
Schiffshalter oder Haltepfähle werden immer hinter der Kaimauer aufgestellt, damit die Mauer nicht erschüttert wird, und zwar je nach der durchschnittlichen Höhe der Schiffsborde über der Mauerkrone, etwa 8 bis 10^{m} hinter derselben und in Entfernungen von etwa 25 bis 30^{m}, so dass auch kleine Schiffe immer mindestens 2 Haltepfähle benutzen können.

Schiffshalter aus Holz werden aus einem lothrecht eingerammten Rundpfahl von 40 bis 50^{cm} Durchmesser gebildet, der durch 2 oder 4 Schrägpfähle in den Richtungen, in welchen ein Zug auf ihn ausgeübt werden soll, gestützt wird. Der Haltepfahl muss etwa 1^{m} hoch über das Terrain ragen, und je nach der Beschaffenheit des Bodens 6 bis 8^{m} lang sein. In Fig. 17 auf Taf. LXI ist eine in Holland gebräuchliche Form der hölzernen Schiffshalter gegeben. Der Pfahl ist, ebenso wie dies bei den Dücdalben empfohlen wurde, ringsum mit Leisten beschlagen, welche ihn schützen, den Durchmesser vergrössern und die Reibung vermehren. Letzteres ist namentlich wünschenswerth, wenn die Pfähle nicht bloss dazu dienen, an ihnen in Ruhe befindliche Schiffe zu befestigen, sondern auch Fahrzeuge in der Bewegung allmählich zu hemmen oder zu stoppen, wie es der Seemann in seinem internationalen Kauderwelsch nennt, und woraus dann glücklich das Wort Stopfpfahl entstanden ist. Da aber wohl alle Schiffshalter gelegentlich auch diesem Zweck dienen müssen, so empfiehlt es sich den Querschnitt niemals kreisrund sondern quadratisch mit abgerundeten Ecken zu wählen und den Durchmesser mindestens 40^{cm}, besser 50^{cm} gross zu machen.

Einfacher und nicht weniger solide als die obige Construction ist die Herstellung des Schiffshalters aus 3 Pfählen, wobei die beiden Schrägpfähle direct gegen den Mittelpfahl greifen und mit diesem verbolzt sind. Steinerne Schiffshalter, die bisweilen aus Granitsäulen hergestellt werden, sind unzuverlässig und nicht zu empfehlen.

Am besten werden die Schiffshalter aus Gusseisen in Form von Säulen construirt, die etwa 1^{m} hoch über Terrain und 2^{m} tief in dasselbe reichen und in einen schweren Klotz von Mauerwerk eingelassen sind. Eine sehr zweckmässige und einfache Construction ist in Chatham, Kiel und a. O. zur Anwendung gebracht und nebenstehend (Fig. 27) im Schnitt *a* und in der Ansicht *b* skizzirt. Ein solches Gussstück wiegt eine Tonne, der Mauerklotz, in dem es eingesetzt ist, 24^{T}. Die Verjüngung nach unten würde allerdings nicht zulässig sein, wenn der Schiffshalter so nahe am Kai stände, dass ein erheblicher Zug aufwärts stattfinden könnte. In solchem Falle würde es sich empfehlen das untere Ende stärker werden zu lassen, doch brechen horizontale Flanschen, die zu diesem Zweck angebracht sind, leicht ab.

Fig. 27.



Eine vorübergehende Befestigung der Schiffe findet beim Verholen derselben statt. Dieses kann entweder in der Weise geschehen, dass das Schiff sich am Lande an einem Schiffshalter festmacht und die Verholleine mittelst der an Bord befindlichen Winden einholt, oder aber indem die Leine am Lande um dort aufgestellte Winden gelegt und aufgewickelt wird. Für letzteren Zweck dienen die sog. Gangspills, bei denen die gusseiserne Windetrommel mit Handspeichen um eine verticale schmiedeeiserne Welle gedreht wird. Je nach der Grösse der zu verholenden Schiffe müssen 6 bis 10 Speichen angebracht werden können. Die Welle ist an einer Grundplatte befestigt, die nach unten an einen Mauerklotz von etwa 30^T Gewicht verankert ist. Siehe Fig. 18 auf Taf. LXI. Ausser sicherer Verankerung sind Haupterfordernisse: Schutz der Wellenlager gegen Staub und Sandwehen bei gleichzeitiger Möglichkeit sie leicht zu reinigen und zu schmieren. Wenn dies beim oberen Lager durch einen auf die Trommel gesetzten Deckel erreicht wird und dieser nicht absolut dicht schliesst, ist unten in der Trommel für Abfluss des Regenwassers zu sorgen, da dieselbe bei Frost sonst zerstört wird. Ausserdem ist eine starke Feststellungsvorrichtung durch eine grössere Anzahl von Sperrklinken an der Trommel erforderlich. Bei den sog. Patentspills wird die Reibung am Zapfen durch Zwischenlegen von Walzen oder Kugeln vermindert. Nöthig ist dies im Allgemeinen nicht. Sehr zweckmässig ist es namentlich solche Winden, die sehr viel benutzt werden, wie z. B. diejenigen an den Hafeneinfahrten, durch Maschinen zu treiben, wie dies in England mit Hülfe von Dampf- oder Wasserdruck sehr gebräuchlich ist.

Wenn ein Schiff hart am Kai liegt, so müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass durch das Hin- und Herschwanken desselben und die dadurch hervorgerufene Reibung zwischen ihm und der Mauer weder Schiff noch Mauerwerk beschädigt wird. Dies geschieht durch Reibhölzer, die entweder fest oder beweglich sein können. Feste stehende Reibhölzer, wie sie bei den Mauern von Portsmouth, Geestemünde, Kiel u. A. angebracht sind (siehe Taf. LXI), schützen die Mauern vollständig. Sie bestehen aus möglichst starkem Eichenholz mit gebrochenen Kanten, und reichen soweit über und unter Wasser, dass weder bei Hoch- noch Niedrigwasser ein Schiff die Mauer direct berühren kann. Dieses muss in jedem Fall durch Darstellung der vorkommenden Schiffsprofile bei den verschiedenen Wasserständen festgestellt werden. Die Hölzer setzen sich unten gegen einen zu diesem Zweck vortretenden Quader, oben werden sie durch eine eiserne Kappe gehalten, welche durch Augbolzen an der Mauer befestigt ist. Wenn die Hölzer sehr lang sind, müssen sie auch in der Mitte nochmals durch einen Bügel gefasst werden, da ein an der Mauer hingleitendes Schiff sie sonst leicht mitnimmt. Die Entfernung zwischen je zwei Reibhölzern beträgt 6 bis 8^m. Immer muss die Befestigung so sein, dass die Hölzer leicht ausgewechselt werden können.

Wenn die Mauern nicht zu hoch sind und ihre Krone überdies von hohen Fluthen nahezu erreicht wird, ersetzt man diese Reibhölzer sehr vortheilhaft durch eingerammte Prellpfähle, wie dies z. B. bei den Hamburger Mauern vielfach geschehen ist. Dieselben werden oben durch Bügel gehalten und stützen sich durch zwischengelegte Polster gegen die Mauer. Diese Pfähle sind stärker und elastischer, als die eigentlichen Reibhölzer. Die verticalen Hölzer haben den Uebelstand, dass sie das Schiff nur an einzelnen Punkten drücken, die nicht immer zur Aufnahme des Druckes geeignet sind, z. B. die Stellen, an denen bei eisernen Schiffen Abflussröhren liegen. Deshalb werden vielfach horizontale Reibhölzer vorgezogen, an welche sich

das Schiff jedoch nicht direct lehnt. Es werden vielmehr noch an Bord des Fahrzeugs besondere verticale Hölzer oder auch Korkfender zwischen diese Gurtung und das Schiff gehängt, und zwar an den für letzteres geeignetsten Stellen. Solche feste horizontale Reibhölzer besitzen z. B. die Mauern in Wilhelmshafen. Sie wurden hier zuerst bei den älteren Mauern nachträglich angebracht, als die verticalen Hölzer nicht ausreichten, um ein Anstossen der neu entstandenen bauchigen Panzerschiffe an den Mauerfuss zu verhindern, haben sich jedoch als so bequem erwiesen, dass sie auch an den neuen, in Fig. 8, Taf. LXI dargestellten Mauern ausgeführt werden. Sie sind jedoch ausserordentlich theuer, auch nur für ziemlich constanten Wasserstand empfehlenswerth, da ein Schiff sonst leicht unterstossen kann.

Bei starkem Wasserwechsel sind schwimmende Reibhölzer zweckmässig. Sie können in Längen von etwa 10^m und einer Breite, die von dem Profil der Mauer abhängt, aber im Mittel etwa $0^m,5$ betragen wird, hergestellt werden und entweder dauernd an einer Stelle befestigt oder beliebig verschiebbar sein. In letzterem Falle werden sie immer nur an die Stellen geflösst, an welchen grade ein Schiff liegen soll. Sie können durch Ketten oder Drahtseile gehalten und geführt werden.

§ 11. Construction der Hafendämme im Allgemeinen. Angriff der Wellen. Profil. Baumaterialien. Es ist zunächst mit Bezug auf Cap. XIV, § 7 und 8 kurz zu erläutern, in welcher Weise der Angriff der Wellen auf die Hafendämme stattfindet. Hieraus wird sich am besten ergeben, wie dieselben construirt sein müssen, um diesen Angriffen zu widerstehen.

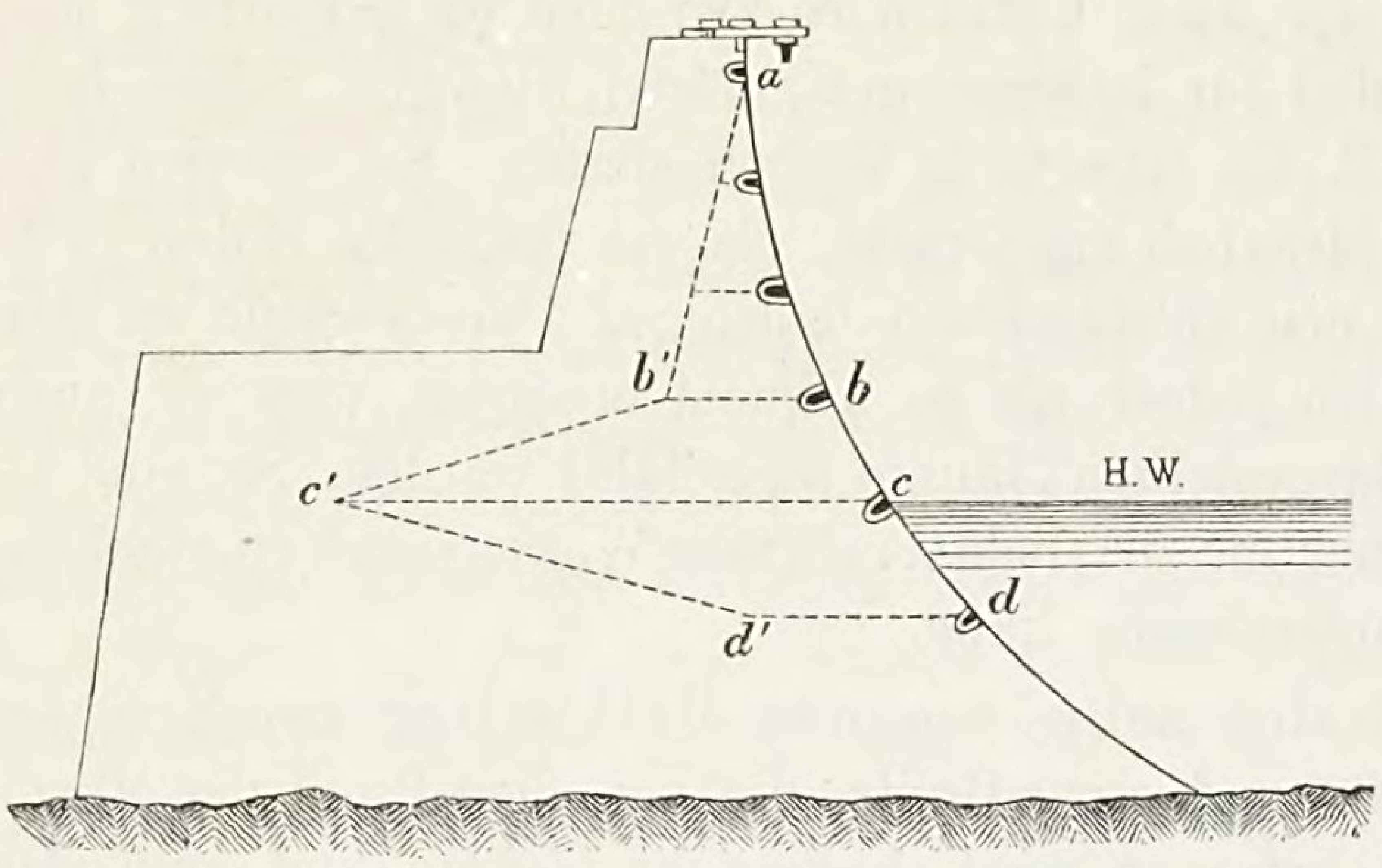
Beim Anprall einer Welle gegen die Böschung eines beispielsweise aus Steinen hergestellten Dammes wird man insbesondere vier verschiedene Kräfte unterscheiden können, nämlich:

1. die horizontale Kraft, welche die Steine in den Damm hineinzupressen sucht;
2. die vertical aufwärts wirkende Kraft, welche gegen alle hervorstehenden Steine oder Vorsprünge und gegen die Lagerfugen derselben gerichtet ist;
3. eine vertical abwärts wirkende Kraft, die auf die äussere Böschung wirkt, indem die Welle am Fuss des Dammes nach vorwärts oder rückwärts gebrochen wird, oder auf die Krone und die binnenseitige Böschung, wenn die Welle über den Damm hinweg geht;
4. den Rückstrom der Welle, welcher beim Abprallen vom Damm den weichen Boden aufwühlt und das Bauwerk unterwäscht.

Zu 1. Ueber die Gewalt der von den Wellen in horizontaler Richtung ausgeübten Stösse sind im § 8 des XIV. Capitels und im § 3 des XV. Capitels bereits Angaben gemacht. Es möge hier nur noch erwähnt werden, dass Th. Stevenson mit Hülfe des im Cap. XIV beschriebenen Dynamometers die grössten Drücke im atlantischen Ocean schon früher zu 30^T auf $1\square^m$ gefunden hatte, und dass sogar nach seinen neuesten Versuchen auch in der Nordsee, z. B. bei Dunbar, Drücke von 33 bis 38^T ermittelt worden sind.

Derselbe Beobachter hat ferner Versuche über die relative Grösse des Wellendruckes in verschiedenen Höhen unter und über dem zeitweiligen Wasserspiegel angestellt, indem er z. B. an dem früheren Damme von Dunbar auf der gekrümmten Aussendossirung 6 verschiedene Dynamometer nach der in Fig. 28 (S. 1032) skizzirten Weise anbrachte. Die Instrumente waren zwar nicht genau genug um sichere positive Zahlenwerthe zu liefern, doch liess sich mit Zuverlässigkeit nachweisen, dass der Druck in der Hochwasserlinie bei Weitem am grössten war und nach oben und unten hin stark abnahm, wie es durch die punktirte Linie a' b' c' d' d angedeutet ist. Aehnliche Resultate ergeben die Beobachtungen über die Formen der ausgewaschenen Höhlungen an den felsigen Ufern der verschiedensten Meere.

Fig. 28.



Zu 2. Die Grösse der vertical aufwärts wirkenden Kraft ist ganz besonders abhängig von der Form der Dammböschung und es kommt zur Verringerung des Angriffs darauf an, die Welle so zu leiten, dass sie möglichst ungehindert emporsteigt. Daher darf keine Steinschicht aus der Böschung vortreten, und ist es namentlich zweckmässig die Brustmauer um ein Geringes zurückspringen zu lassen. Indem Stevenson einen Dynamometer am Balken befestigte, welcher über die Krone der Brustmauer hinüber ragte, fand er an der genannten Stelle, dass die vertical aufwärts wirkende Kraft 84 Mal grösser war, als die an der Krone des Dammes wirkende horizontale Kraft.

Zu 3 und 4 ist zu bemerken, dass das Ueberschlagen der Wellen über die Brustmauer die eigentliche Krone besonders gefährdet, wenn etwa nur eine Abpflasterung aus nicht sehr grossen Steinen vorhanden ist. Der Rückstrom der Welle auf der äusseren Böschung erfolgt oft und zwar je nachdem die Böschung geformt ist, mit grösserer Kraft, als die Vorwärtsbewegung der Welle selbst. Bei Dunbar war die Kraft des Rückstroms drei mal so gross, als die der Welle, bevor sie die Mole berührt hatte.

Nachdem nun die verschiedene Art und Weise, in welcher die Wirkung der Welle von Aussen her auf die Mole erfolgen kann, angedeutet ist, bleibt noch anzugeben, wie die Wirkung auf das Innere des Dammes stattfindet. Auch hier sind vier Aeusserungen des Wellendrucks bemerkbar und zwar:

1. Die Fortpflanzung der Erschütterung, welche der Wellenstoss auf die Aussenseite erzeugt, nach dem Innern;
2. der directe Angriff der durch die hohlen Räume des Dammes dringenden Welle auf die Rückseite der Binnendossirung;
3. der durch plötzliche Verdichtung und ebenso rasche Ausdehnung der Luft im Innern entstehende Druck;
4. der ebenso wirkende Druck des eingeschlossenen Wassers.

Namentlich sind die drei zuletzt genannten Kräfte von grossem Einfluss, und es ist vielfach vorgekommen, dass bei hohl gelagerten Steinschüttungen die Abpflasterung der Krone durch den von unten wirkenden Luft- und Wasserdruck emporgeschleudert wurde, was sodann Veranlassung zur vollständigen Zerstörung der betreffenden Wellenbrecher gab. Es empfiehlt sich daher, das Material der Dämme möglichst dicht zu lagern, und die Breite derselben nicht zu gering zu wählen. Th. Stevenson räth deshalb den Hafendämmen in der Nordsee bei steilen Böschungen im Hochwasserspiegel mindestens 10 bis 12^{m} Breite zu geben.

Schliesslich darf nicht unerwähnt bleiben, dass eine Beschädigung der Hafendämme auch durch die Verdünnung der Luft beim Zurückströmen der Welle entstehen kann. Bei dem Anlaufe der Welle wird zunächst die Luft im Innern des Dammes verdichtet, bei dem plötzlichen Zurückhalten der Welle aber so stark verdünnt, dass einzelne Steine von innen nach aussen gedrängt werden können.

Vortheilhaftestes Profil. Es wird nunmehr die Frage zu erörtern sein, welches Profil im Allgemeinen den Hafendämmen zu geben ist, namentlich ob eine flache oder eine steile Böschung zweckmässiger erscheint.

Bereits in Cap. XIV, § 7 ist davon die Rede gewesen, dass in tiefem Wasser die Welle lediglich oscillirt und gegen eine verticale Wand nur einen der Wellenhöhe entsprechenden Wasserdruck ausübt, während die Welle auf flach ansteigendem Grunde eine fortschreitende Bewegung annimmt und gebrochen wird. Stevenson fand, dass der Druck einer aus der oscillirenden Bewegung in die fortschreitende übergegangenen Welle um das Sechsfache zugenommen hatte. Da ausserdem bei flacher Böschung des Dammes in seichtem Wasser die über den Meeresspiegel gehobene Wassermasse nicht wie bei verticaler Mauer unschädlich senkrecht herabfällt, sondern zurückstürzend entweder von der folgenden Welle auf der Böschnng weiter geschoben und über die Krone geschleudert wird, oder zurückfliessend die Böschung und den Baugrund gefährdet, so liegt es auf der Hand, dass die Profile der Dämme in tiefem und in seichtem Wasser ebensowenig gleich sein können, wie der Angriff der Wellen.

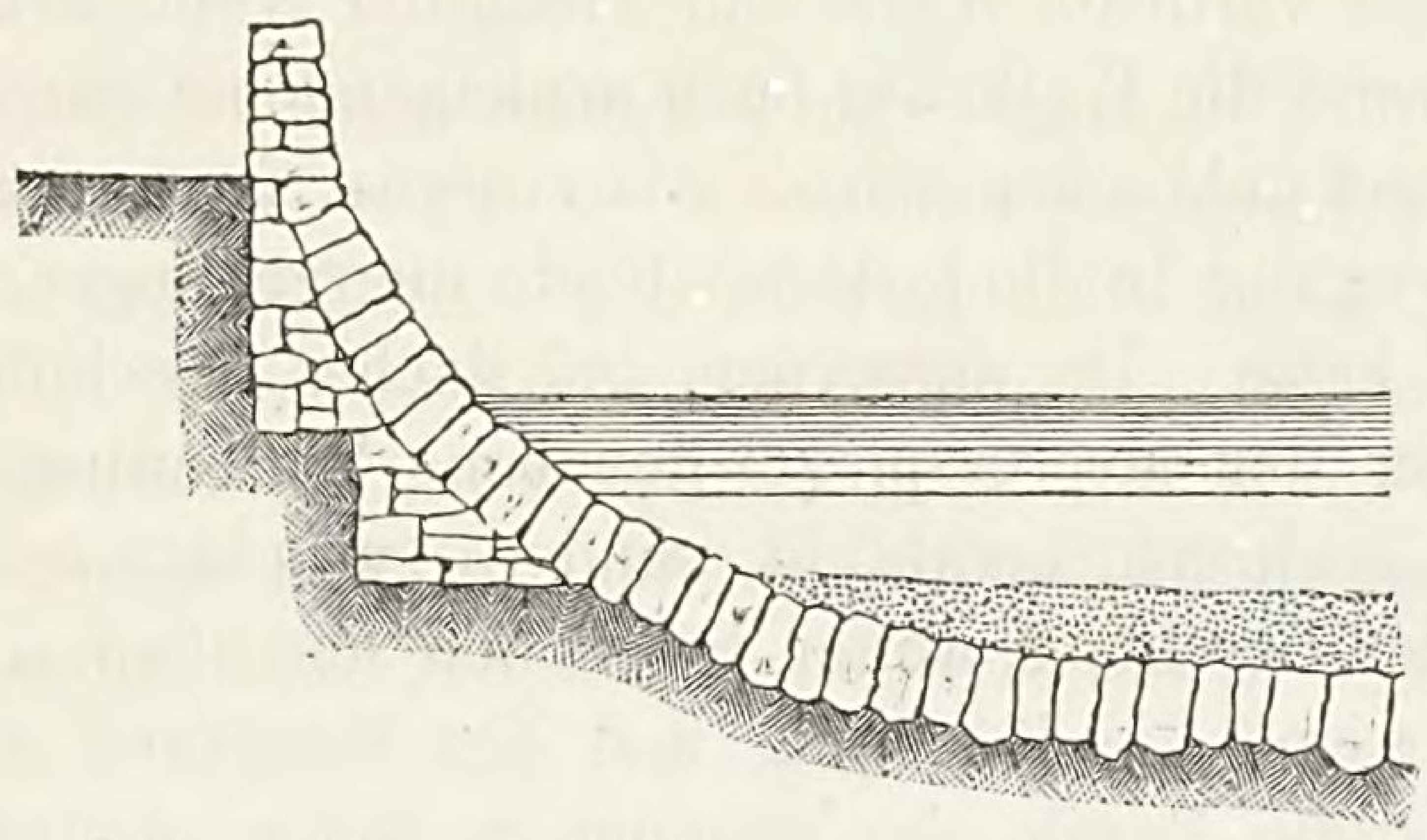
Bei Hafendämmen in tiefem Wasser ist es zweckmässig die Böschung möglichst steil zu construiren und das Maass derselben lediglich mit Rücksicht auf Stabilität des ganzen Dammkörpers gegen Umkippen und auf die Art des verwendeten Materials zu bestimmen. Letzteres muss hierbei jedoch so beschaffen sein, dass auch an den Stellen, an welchen der stärkste Angriff der Wellen stattfindet, also in der Nähe der Hochwasserlinie, einzelne Theile von der See nicht fortgerissen werden können. Dies ist nun aber bei steilen Böschungen umsoweniger zu befürchten, als jede untere Schicht durch das voll zur Wirkung kommende Gewicht der oberen Schichten gehalten wird.

Von den Kosten ist hierbei zunächst ganz abgesehen, da der Vortheil des geringeren Materialbedarfes häufig durch die Verwendung besser bearbeiteter Materialien ausgeglichen wird, wovon im folgenden Paragraph die Rede sein soll.

Dämme in flachem Wasser werden erfahrungsmässig, wenn der Baugrund aus angeschwemmtem Boden besteht, am häufigsten durch die Wirkung der Wellen auf dem Vorgrund und die eintretende Unterwaschung zerstört. Eine steile Böschung darf ihnen daher nur dann gegeben werden, wenn der Meeresboden aus Felsen besteht, der von den Wellen nicht zerstört wird. Bei allen weichen Bodenarten kommt es darauf an, dem Fusse des Dammes eine solche Form zu geben, dass die Erhebung aus dem Meeresboden möglichst allmählich stattfindet, und alle plötzlichen Hindernisse vermieden werden. Es muss also durch die äussere Böschung die horizontale Kraft der Wellen nach und nach in die verticale übergeführt werden, und es muss schliesslich der grösste Angriff der Welle an der Stelle stattfinden, an welcher der Damm am stärksten ist. Diese Stelle soll möglichst hoch über dem Fundament liegen. Der Meeresboden vor dem Damm wird am besten durch Steinschüttung oder durch ein Buschbett geschützt. Hierbei ist zu erwähnen, dass Thonboden im Allgemeinen als sehr tragfähiger Baugrund anzusehen ist, dass jedoch die Lagerung der Thonschichten mit ganz besonderer Sorgfalt ermittelt werden muss, zumal wenn der Thon mit Sandadern durchzogen ist. In Folge Nichtbeachtung dieses Umstandes sank 1844 die Ardentallan-Mole in 2 Stunden bis auf 7^m unter Niedrigwasser hinab.

Stevenson empfiehlt, namentlich wenn wenig Material vorhanden ist, das Ufer durch ein möglichst flaches Bett von Holz oder Stein zu schützen und dasselbe mittelst eines Viertelkreises von hinreichendem Radius an eine verticale Mauer anzuschliessen. Statt des Kreisbogens wird von Gerstner die Cycloide empfohlen. Aehnliche Profile werden zur Zeit mit bestem Erfolge auf der Insel Borkum bei Dünenschutzwerken ausgeführt, vergl. Cap. XV, § 5.

Fig. 29.



Bei der Anwendung dieses Profils, von dem nebenstehende Skizze Fig. 29 ein Bild giebt, wirkt der Wellenstoss auf die innere Laibung der Gewölbe und kann daher die Steine aus dem letzteren herausdrücken, wenn die Untermauerung nicht besonders sorgfältig ausgeführt ist. Auch ist in Meeren mit starkem Wasserwechsel der Uebelstand vorhanden, dass die Curve nur für einen bestimmten Wasserstand besonders vortheilhaft ist, bei allen anderen jedoch weniger günstig, vielleicht sogar ungünstig wirkt.

Da es nun ausserdem für Hafendämme sehr schwierig oder kostspielig sein würde, eine solche gekrümmte Böschung unter Wasser herzustellen, so wird in der Praxis von diesem sonst empfehlenswerthen Profile wenig Gebrauch gemacht. Man zieht vor den Meeresboden durch Steinschüttung zu schützen und auf der Schüttung einen Damm aus so grossen Blöcken auszuführen, dass dieselben von den Wellen nicht fortgespült werden können. Es empfiehlt sich dann jedoch unter allen Umständen die Blöcke so zu schütten oder zu versetzen, dass sie etwaigen Sackungen des Fundamentes ungehindert folgen können.

Material der Dämme. Holz und Busch. Was das zu den Hafendämmen zu verwendende Material betrifft, so kann im Allgemeinen festgehalten werden, dass Holz und Busch in Meeren mit grossen Fluthdifferenzen und oft wechselnden Wasserständen nur dann zur Anwendung kommen, wenn anderes Material, welches unter dem Wechsel von Nässe und Trockenheit weniger leidet, nur zu unverhältnissmässig hohen Preisen beschafft werden kann. Buschpackung eignet sich besonders gut bei weichem Baugrunde, Holz bei Sand und Thonboden. Beide Materialien sind nur für mässige Wassertiefen anwendbar, das Holz wegen der ziemlich fest stehenden Längen, in denen Rundpfähle noch zu beschaffen sind, und das Buschwerk deshalb, weil z. B. schon bei einer Dammhöhe von etwa 10^{m} der Damm einem so starken beständigen Sacken ausgesetzt sein würde, dass die Krone dauernd erhöht und reparirt werden müsste.

Das Holz ist des Bohrwurms und der Bohrmuschel wegen in vielen Meeren überhaupt nicht zu gebrauchen. Wo es jedoch zur Verwendung kommt, soll es immer mit Creosot imprägnirt werden, um es gegen Zerstörung durch die genannten Thiere möglichst zu schützen und zwar auch in solchen Meeren, in denen der Wurm nur wenig vorkommt, durch fremde Schiffe jedoch eingeschleppt wird und dann wenigstens zeitweise grossen Schaden anrichten kann, wie z. B. an der Ostsee. Einen vollständigen Schutz gewährt die Imprägnirung mit Creosot allerdings nicht, doch wird sie als billigstes und relativ bestes Mittel anzusehen sein. Wo Holz in geringen Massen zur Anwendung kommt, ist auch das Benageln mit Kupferblech oder mit kurzen breitköpfigen eisernen Nägeln durchaus zu empfehlen.

Es ist jedoch auch die Art des verwendeten Holzes von wesentlichem Einfluss auf seine Widerstandsfähigkeit gegen den Bohrwurm. Nach den umfassenden Beobachtungen von Th. Stevenson zeichnet sich vor anderen das auch in Deutschland immer mehr zur Verwendung kommende Teakholz hierdurch besonders aus. Von einheimischen Hölzern widersteht am besten die Kiefer (*Pinus sylvestris*). Eine

Holzart, die von den Bohrwürmern nicht angegriffen wird, ist bislang nicht gefunden.

Eisen. Es sind zwar verschiedentlich umfangreiche Versuche gemacht, auch für die Herstellung der Hafendämme das Eisen zu verwerthen, — so in Greenock und bei Bayonne — es ist jedoch die Dauerhaftigkeit solcher Eisentheile, welche stets unter Wasser bleiben und daher nicht gehörig unterhalten werden können, eine sehr fragliche, so dass die Verwendung dieses Materials zur Zeit noch auf wesentliche Schwierigkeiten stösst, obgleich es sich oberhalb des niedrigsten Wassers und namentlich auch da, wo Holz wegen des häufigen Wasserwechsels nicht dauerhaft genug ist, mit grossem Nutzen anwenden lässt.

Ob Guss- oder Schmiedeeisen vorzuziehen sei, ist noch nicht genügend erprobt. Rennie fand, dass das Gusseisen in Salzwasser doppelt so stark rostete, als Schmiedeeisen, während nach Mallett's Versuchen in klarem Seewasser Gusstheile von 25^{mm} Dicke etwa 3 bis 10^{mm}, Schmiedeeisen dagegen 15^{mm} während eines Jahrhunderts durch Rosten verlieren, und bei ersterem die Zerstörung verhältnissmässig geringer werden soll, je dicker die Gusstücke sind, so dass gewissermaassen der Rost selbst schliesslich eine schützende Hülle abgeben würde.[7])

Da die Resultate der beiden genannten Beobachter sich direct widersprechen, so ist anzunehmen, dass die örtliche Beschaffenheit des Seewassers von wesentlichem Einfluss ist. Jedenfalls ist es von grösstem Interesse derartige Versuche an möglichst vielen Stellen zu machen. Unbedingt von grossem Einfluss auf die Dauerhaftigkeit ist die Art und die Güte des Eisens, da namentlich Blasen und unganze Stellen, in denen sich Wasser ansammeln kann, sehr rasch die Zerstörung herbeiführen.

Natürliche und künstliche Steine. Das geeignetste Material für Wellenbrecher u. s. w. ist der Stein, und zwar bei Herstellung von Steinschüttungen das Gestein der Primair-Formation, Basalt, Gneis, Grünstein, Porphyr und Granit, bei gemauerten Dämmen dagegen Lagergestein. Man pflegt jetzt Steine jeder Grösse zu verwenden, und zwar die kleineren Stücke in das Innere und nach unten hin zu schütten, die Böschungen und die Krone jedoch mit möglichst grossen Blöcken abzudecken. Wenn natürliche Blöcke in der erforderlichen Grösse nicht zu haben sind, so werden künstliche Steine aus Beton hergestellt oder aus kleinen Bruchsteinen gemauert (siehe § 13).

Erde. Die Verwendung von Erde zu Hafendämmen ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn die Böschungen so vollständig durch anderes Material geschützt werden, dass ein Angriff der Wellen auf die Erde nicht stattfinden kann. Bei Steinschüttungen wird es jedenfalls nur von Vortheil sein die Zwischenräume des inneren Kernes durch groben Sand möglichst zu füllen.

§ 12. Construction der Hafendämme im Speciellen. Wellenbrecher und Molen. Beispiele und Kosten ausgeführter Constructionen. Wenn im vorigen Paragraph die Construction der Dämme, besonders mit Rücksicht auf die allgemeineren örtlichen Verhältnisse, also auf Wassertiefe, Bodenbeschaffenheit, auf Stärke des Wellenschlages und disponibles Material besprochen wurde, so wird nunmehr die Verschiedenheit der Construction als Folge des speciellen Zweckes der einzelnen Dämme zu betrachten sein.

Nach Ausweis des § 3 dienen die Hafendämme entweder als Wellenbrecher

[7]) Construction of Harbours by Thom. Stevenson, S. 185.

lediglich zum Schutze und zur Begrenzung des Hafens, oder gleichzeitig als Kai zum Anlegen der Schiffe. In letzerem Falle werden sie vorzugsweise Molen genannt. Es sei jedoch ausdrücklich bemerkt, dass hier von den Wellenbrechern nur die festen besprochen werden sollen, da die in § 4 erwähnten beweglichen sich bislang nicht genügend bewährt haben.

Bei den Wellenbrechern muss die Krone mindestens in der Höhe des Hochwassers liegen, so dass, wenn auch die Wellen über den Damm hinwegspülen, an der Binnenseite doch eine verhältnissmässig ruhige Wasserfläche geschaffen wird. Es sind zwar einzelne Hafendämme nur etwa bis zur halben Höhe des Hochwassers aufgeführt, wenn es eben nur darauf ankam, den aus dem Hafen gehenden Spülstrom zusammen zu halten, doch ist dies für die Schiffe bei Hochwasser sehr gefährlich, da ein ruhiges Wasser nicht geschaffen wird und die Fahrzeuge leicht durch seitliche Strömungen auf die Dämme getrieben werden.

Als Beispiele dieser Art von Hafendämmen ist in Fig. 25, Taf. LXI der Damm von Dünkirchen und in Fig. 12 der aus Eisen construirte Damm von Bayonne gegeben, die später besprochen werden sollen.

Die Kronenbreite richtet sich nur nach der Stärke des Wellenschlages und muss daher nach dem zur Verwendung gelangenden Baumaterial, sowie danach ob dieses Material lose geschüttet oder mehr oder weniger in Verband gebracht wird, erheblich wechseln. Bestimmte Maasse können daher nicht angegeben werden, doch werden die auf Taf. LXI gegebenen Beispiele einigen Anhalt bieten.

Die Dossirung ist ebenfalls nur aus Rücksichten auf die Stabilität des ganzen Dammkörpers und auf die Art des verwendeten Materials zu bemessen, wobei, wie im vorigen Paragraph gezeigt wurde, die Wassertiefe von höchster Bedeutung ist. Buschpackwerk pflegt eine Böschung von 1:3 bis 1:4 zu erhalten, wenn nicht etwa die Faschinen durch Pfahlwerk gehalten werden und wie in Fig. 24 nur als Füllmaterial dienen. Den Steinschüttungen gab man zeitweise eine sehr flache Dossirung, etwa 1:6 bis 1:7, siehe die Dämme von Alderney, Fig. 35 und Plymouth, Fig. 38. In ähnlicher Weise wurden die Wellenbrecher von Cherbourg und die Molen von Portland, Holyhead und andere ausgeführt. Nach den an diesen Dämmen hinsichtlich ihrer Haltbarkeit gemachten üblen Erfahrungen pflegt man jedoch jetzt keine flachere Böschung, als 1:1,5 mehr zu geben und in tiefem Wasser selbst bis 1:1 zu gehen (Triest und Marseille). Da diese Böschung aber bei gewöhnlichen Bruch- und Feldsteinen in der Nähe der Hochwasserlinie nicht ausreichen würde, so müssen dort schwerere Blöcke verwandt werden, die sich mit etwa 1,3 facher Böschung verstürzen lassen. Besteht aber der ganze Damm aus künstlichen Blöcken, und werden dieselben schichtweise versetzt, wie bei Dover und Amsterdam, so beträgt der Anlauf der Wände nur 1:7 bis 1:9.

Wenn der Hafendamm nicht allein als Wellenbrecher sondern als Mole gleichzeitig auch zum Anlegen der Schiffe dient, wie dies meistens der Fall ist, so muss die Krone mindestens 1^m über dem höchsten Wasser liegen, damit der Verkehr sowohl, als das Ent- und Beladen der Fahrzeuge auf ihm jederzeit möglich ist. Zum Schutz gegen überschlagende Wellen wird eine Brustmauer von mindestens 2^m Höhe auf der äusseren Seite der Krone errichtet. Es wird zwar von Einzelnen empfohlen, die Brustmauer fortzulassen und dagegen die Krone des Dammes etwa 3^m über Hochwasser zu legen, da man beobachtete, dass die unteren Theile der Molen mehr litten, wenn die Wellen durch die Brustmauer zurückgeworfen wurden, als wenn

sie über die Krone hinwegspülen konnten. Da aber die Erhöhung der Mole dieselbe Wirkung haben muss, wie die Herstellung der Brustmauer, indem in beiden Fällen das allein Einfluss ausübende äussere Profil des Dammes dasselbe ist, so kann in diesem Vorschlage eine Verbesserung nicht gefunden werden.

Die Brustmauer ist bisweilen mit überwölbten Räumen versehen (Alderney) oder es lehnen sich an sie Pultdächer, durch welche Schuppen zum vorübergehenden Lagern von Gütern gebildet werden, wie in Dover an der zum Landen der Postschiffe erbauten Mole, siehe nachstehende Fig. 30.

Dies ist namentlich von Vortheil bei langen Molen mit zeitweise starkem Verkehr, da es hierdurch möglich wird die andernfalls am landseitigen Ende erforderliche grosse Breite einzuschränken. Bei einzelnen italienischen Molen ist die Krone fast in ganzer Breite überwölbt und, da der Wasserspiegel wenig schwankt, auf diese Weise ein ausserordentlich rasches und bequemes Ent- und Beladen der Schiffe ermöglicht, so z. B. in Nisida (siehe nachstehende Fig. 31).

Fig. 30.

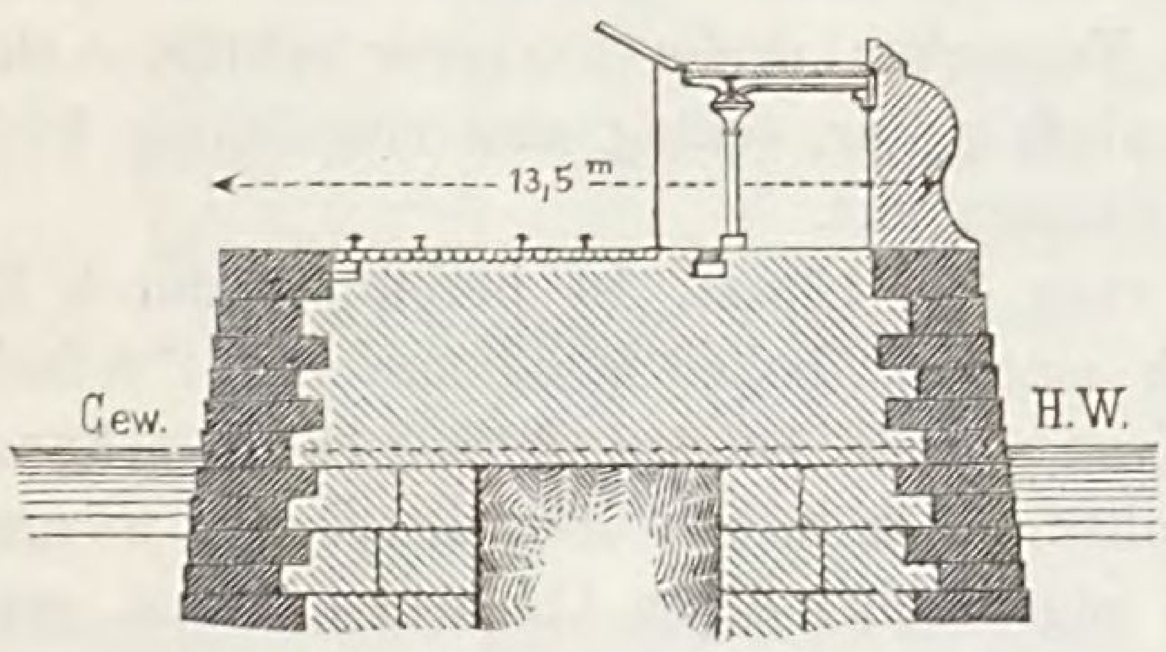
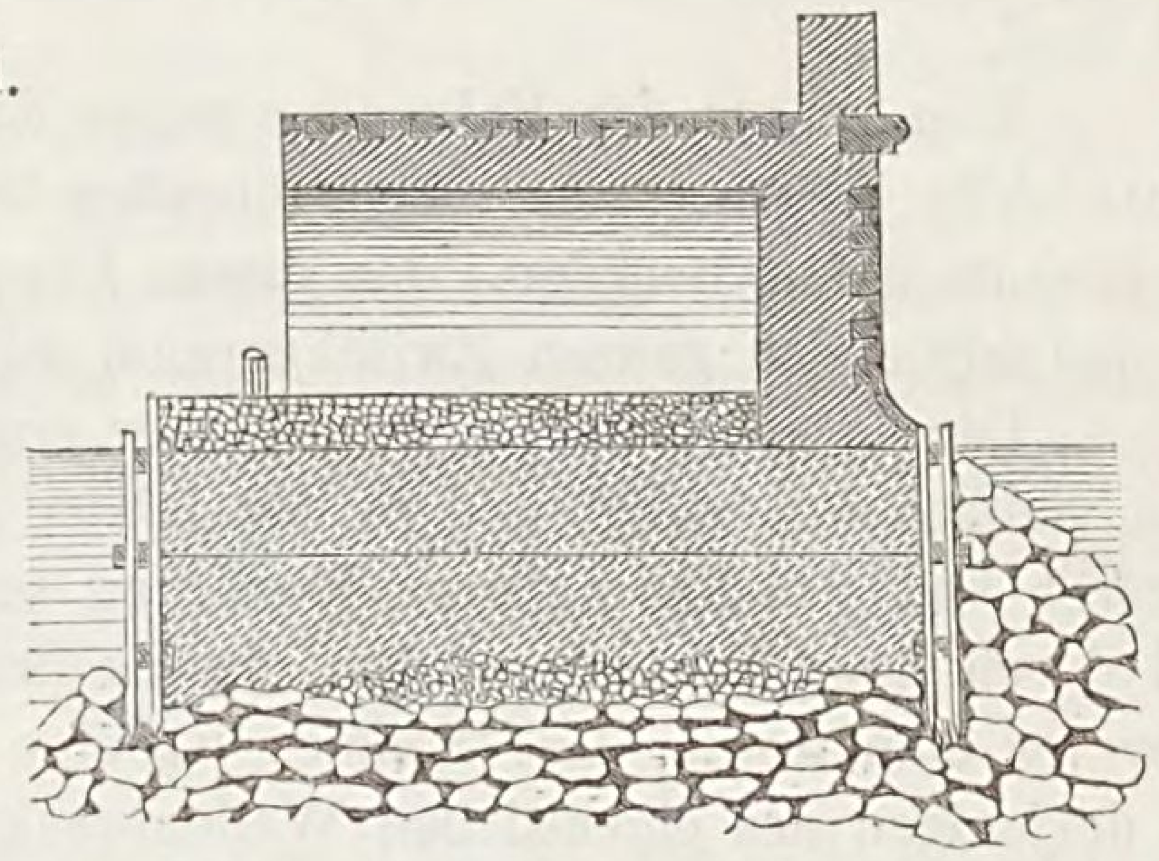


Fig. 31.



Die **Breite der Krone** wird bei Molen durch den Umfang des zu erwartenden Verkehrs bestimmt und ist demgemäss ungemein verschieden. Dass die **Länge** des Dammes dabei von Einfluss ist, wurde schon erwähnt. Die Hafendämme des Amsterdamer Seecanals besitzen nach Abzug der Brustmauer nur $4^m,6$ Kronenbreite, die Mole von Dover 12^m und die von Marseille rund 30^m.

Die Dossirung muss so gewählt werden, dass auch beim niedrigsten Wasserstande die grössten Schiffe hart an die Mole anlegen können, ohne auf die Böschung zu gerathen, und zwar, je nachdem der Damm benutzt wird, nur binnenseitig oder bisweilen auch an beiden Seiten.

Alle Molen müssen mit Vorrichtungen zum Verholen und Festmachen der Schiffe, also mit Winden und Schiffshaltern (§ 10) versehen sein. Landevorrichtungen, namentlich Treppen, welche für alle Wasserstände passen, dürfen nicht fehlen. Auf dem Kopfe, der als der gefährdetste Theil des Dammes am stärksten und namentlich in grösserer Breite als die übrige Mole ausgeführt wird, pflegt ein Hafenfeuer errichtet zu werden.

Bei der Mannigfaltigkeit der auf die **Wahl der Construction** Einfluss übenden Factoren — also Wassertiefe und Wellenschlag, Fluthwechsel, Bodenbeschaffenheit, Material, Vorhandensein des Bohrwurms u. s. w. — ist es erklärlich, dass es auch für ganz bestimmte örtliche Verhältnisse sehr schwierig ist, die geeignetste Construction zu finden, zumal einzelne Factoren bald mehr bald weniger vorwiegende Bedeutung besitzen und daher die Wichtigkeit jedes einzelnen zunächst festgestellt werden muss.

Wenn es trotzdem versucht wird in Nachstehendem für bestimmte örtliche Verhältnisse bestimmte Constructionen zu empfehlen, so können diese Regeln einen An-

spruch auf uneingeschränkte Anwendbarkeit nicht machen, um so weniger als nur drei der genannten Factoren, nämlich Fluthwechsel, Wassertiefe und Bodenbeschaffenheit als variabel eingeführt sind. Es soll vielmehr nur unter Anführung einschlagender Beispiele ein allgemeiner Anhalt bei Auswahl der Construction gegeben werden.

1) Bei geringem Fluthwechsel, mässiger Wassertiefe und angeschwemmtem Boden ist eine Holz- oder Eisenconstruction aus eingetriebenen Pfählen mit einer Packung von Busch oder Steinen zunächst angezeigt.

Als geringer Fluthwechsel mag dabei noch eine Differenz der Wasserstände von etwa 3^m, als mässige Wassertiefe eine solche bis zu 6^m unter Niedrigwasser angesehen werden.

Ein Beispiel dieser Construction ist der Hafendamm zu Cuxhafen an der Mündung der Elbe.

Dieser Hafen besitzt zwar eine gute Reede, ist übrigens nur als Nothhafen namentlich in strengen Wintern von Bedeutung, wenn die Schiffahrt auf der Elbe durch Eis gehindert ist. Das gewöhnliche Hochwasser erhebt sich rund 3^m über Niedrigwasser. Der Grund besteht aus Schlick und Sand.

Zum Schutz der Fahrzeuge gegen Eisgang begann man 1732 den Bau eines vom Ufer nahezu rechtwinklig in den Strom hineintretenden Dammes durch Versenken dreier kleinerer Schiffe, welche mit Steinen gefüllt wurden. Da dieser Damm jedoch zu niedrig war, schlug man ringsherum Pfähle ein und füllte den ganzen Zwischenraum mit Busch und Steinen aus.

Der so gebildete Damm, welcher eine Länge von etwa 60^m besass, ist besonders durch Eisgang vielfach beschädigt und in den letzten Jahren durch einen 9^m hohen Erddamm mit $2^1/_2$facher äusserer und 2facher innerer Dossirung ersetzt. Die Kronenbreite beträgt 3^m,5. Die Böschungen sind durch Steindecken geschützt, da die Brandung bei hohen Sturmfluthen über den Damm weggeht. Quer vor dem Kopfe des Dammes ist eine Landebrücke angebracht, deren Construction fast genau mit derjenigen des eigentlichen Wellenbrechers Fig. 24, Taf. LXI übereinstimmt, welcher in einer Länge von fast 500^m parallel zum Ufer hergestellt wurde. Hierdurch ist zwischen beiden ein als Quarantäne-Hafen dienender Liegeplatz entstanden. Die eigentliche Construction dieses Wellenbrechers — hier Schutzhöft genannt — ist durchaus zweckmässig. Die Pfähle haben eine Neigung von $^1/_6$ und stehen mehr als 5^m im Boden. Die untere Breite des Dammes beträgt 6^m, die obere 3^m,5. Es ist jedoch, da ein wirklicher Verkehr auf der Krone nicht stattfindet, oben nur eine Laufbrücke von 1^m Breite zur Benutzung beim Einholen und Festmachen der Schiffe angebracht. Die Aussenseite ist in je 10^m Entfernung von einander durch Bündel von 3 Prellpfählen gegen Eisgang geschützt. An den Köpfen halten 20pfählige Dücdalben die Eisschollen ab. Die 4^m unter Niedrigwasser liegende Hafensohle ist in einer Breite von 10^m durch ein Buschbett abgedeckt, welches den Damm vor Unterspülung schützt. Der eigentliche Buschkörper reicht bis auf 1^m über Niedrigwasser und ist mit schweren Steinen abgedeckt. Da die durch ein offenes Höft stattfindende Strömung das Anlegen der Schiffe ausserordentlich erschwert, indem sie gegen die Breitseite desselben trifft, so musste auch der obere Theil des Dammes geschlossen werden, und geschah dies durch eine Bohlwand aus horizontalen Bohlen, welche sich gegen die zu diesem Zwecke geschlagenen mittleren verticalen Pfähle stützt.

Bedenklich erscheint in dem vorliegenden Fall die Anwendung des Holzes nur deshalb, weil der Bohrwurm in Cuxhaven vorhanden ist, und auf eine lange Dauer der beschriebenen Werke nicht gerechnet werden kann. Es würde daher unter ähnlichen Verhältnissen wahrscheinlich die Verwendung von schmiedeeisernen Schraubenpfählen oder von gusseisernen, durch Wasserstrahl einzutreibenden Scheibenpfählen an Stelle der hölzernen Pfähle vorzuziehen sein, da die Zerstörung des Eisens durch Seewasser unter allen Umständen weit geringer ist, als die des Holzes durch den Bohrwurm.

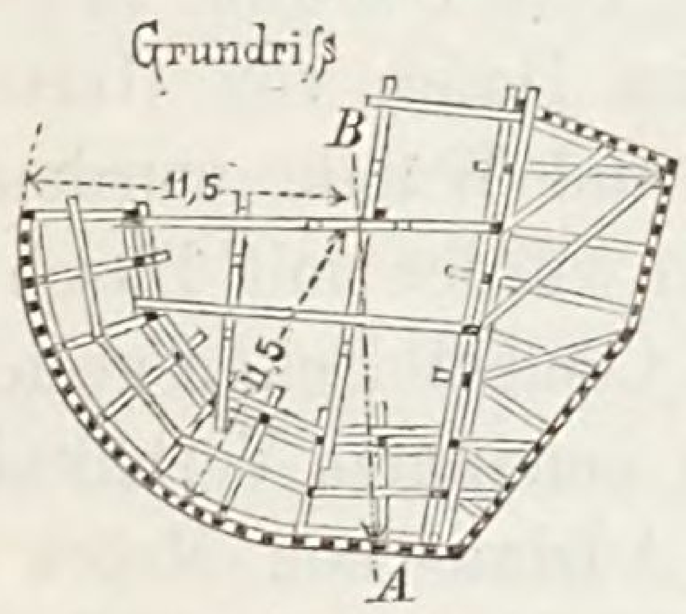
Eine solche Eisenconstruction wird um so empfehlenswerther, je mehr es mit der Zeit gelingt das Eisen durch geeigneten Ueberzug resp. Anstrich vor dem Rosten zu schützen. Sobald dies Ziel erreicht ist, wird der eiserne Wellenbrecher den hölzernen bald vollständig verdrängen. Nur in den Meeren mit ziemlich constantem

Wasserspiegel und selten vorkommendem Bohrwurm, wie z. B. in der Ostsee, wird das Holz, namentlich bei kleineren Anlagen, seine Bedeutung nicht verlieren.

Fig. 26, Taf. LXI zeigt den Querschnitt eines solchen kleinen Dammes, welcher zur Herstellung eines Bootshafens bei Friedrichsort an der Kieler Bucht in jüngster Zeit zur Ausführung kam. Auch hier sind zwei Reihen von Schrägpfählen, die $0^m,5$ von Mitte zu Mitte entfernt stehen, mit Steinpackung ausgefüllt und zwar lediglich mit möglichst grossen Steinen, da diese hier verhältnissmässig billig zu beschaffen waren, und der Thonboden nicht so weich war, dass eine Buschpackung als Unterlage erforderlich geworden wäre. Die Pfahlreihen sind in der Höhe des gewöhnlichen Wassers durch Ketten mit einander verbunden. Diese Art der Verankerung wurde gewählt, um dem Damm bei genügender Festigkeit eine möglichst grosse Elasticität zu geben und die Steine am Sacken nicht zu hindern. Wenn nun auch die Dauer der Ketten keine lange sein kann, so wird die Steinpackung in sich mit jedem Jahre mehr Festigkeit erlangen und eine Erneuerung der Ketten wahrscheinlich nicht erforderlich werden.

Ein interessantes Beispiel derartiger Holzconstructionen bieten auch die Molen des Marinehafens von Hellevoetsluis in Südholland. Die Molenköpfe sind, wie aus nachstehender Skizze Fig. 32 ersichtlich ist, im Grundriss an der Binnenseite mit einem Radius von $11^m,5$ abgerundet, an der Aussenseite dagegen durch einen Eisbrecher besonders gesichert. Die aus amerikanischen Hölzern geschnittenen Pfähle stehen 0,75 bis 1^m von einander entfernt und reichen 1^m hoch über den Bohlenbelag der Mole hinauf. Sie sind vom gewöhnlichen niedrigen Wasser ab bis oben hinauf mit 10^{cm} starken Planken bekleidet, so dass die Molen Aussen vollständig glatt erscheinen, und daher weder den Schiffen gefährlich werden, noch selbst von Schiffen, Eis und Wellen leicht beschädigt werden können. Dadurch dass die Pfähle über die Krone der Mole hinaufreichen und in dieser Höhe nicht nur Aussen, sondern zugleich auch Innen mit Bohlen verkleidet sind, wird eine vollständige hölzerne Brustwehr gebildet.

Fig. 32.



M. 1:800.

In dem Querschnitt (siehe Fig. 13, Taf. LXI) ist durch doppelte Schraffirung angedeutet, dass die unteren den horizontalen Längsverband bildenden, nach einem Kreisbogen gekrümmten Hölzer in ausserordentlich zweckmässiger Weise aus vier nebeneinander liegenden Bohlen hergestellt sind, so dass die Biegung durchaus keine Schwierigkeit macht. Auch die Streben des verticalen Diagonalverbandes sind aus je vier 20×20^{cm} starken Hölzern zusammengesetzt und selbstverständlich durch Schraubbolzen gehörig verbunden, jedenfalls in dem nur zu billigenden Bestreben, bei derartigen Wasserbauten nur Hölzer von möglichst starken Total-Dimensionen zu verwenden. Alle Verbandhölzer sind aus Eichenholz hergestellt.

2) Besteht der Baugrund bei geringem Wasserwechsel und mässiger Tiefe aus Felsboden, lassen sich also Pfähle nicht einrammen, sind andererseits die Bedingungen für die Verwendung von Busch und Holz günstig, so würde man die in früherer Zeit auch auf angeschwemmtem Boden und in der Ostsee fast ausschliesslich zur Anwendung gebrachte Construction der Senkkisten mit Vortheil benutzen. Es wird zu dem Zwecke ein oben offener hölzerner Kasten schwimmend an Ort und Stelle gebracht und hier durch Einschütten von Steinen versenkt. Der Boden ist gewöhnlich rostartig mit Zwischenräumen, die der Grösse der vorhandenen Steine entsprechen, gezimmert, die Seitenwände entweder ebenso, oder auch durch Bohlen geschlossen, — wie bei dem in Fig. 27 dargestellten Wellenbrecher von Blyth an der Ostküste von England. Die einzelnen Kasten werden ohne Verbindung nebeneinander versenkt, die Zwischenräume durch grosse Steine ausgefüllt. Je grösser der Kasten ist, desto besser widersteht er dem Wellenschlage, desto schwieriger wird aber, namentlich auf unebenem Grunde, das Versetzen und desto grösser die Gefahr, dass der Boden bricht. Es ist daher unzweckmässig, die Kasten grösser zu machen, als es des Wellenschlages wegen erforderlich ist. Die Seitenwände müssen, um die Steine zu halten, bis zur vollen Höhe des Dammes hinaufreichen und sind daher in

den oberen Theilen sehr vergänglich. Wenn aber der Damm einige Jahre gelegen hat und in sich fest abgelagert ist, können die über Wasser liegenden, dem Wellenschlage besonders ausgesetzten Steine vollständig vermauert werden. Verschiedenartiges Sacken der einzelnen Kisten, das immer eintritt, kann man ebenfalls durch die Uebermauerung ausgleichen. Diese Steinkisten werden auch bei angeschwemmtem Baugrund mit Vortheil da verwandt, wo unruhige See die Ausführung von Rammarbeiten besonders erschweren würde.

Statt der Steinkisten kann man auch Senkstücke von Faschinen, die am Lande hergestellt und herangeflösst werden, versenken. Dieselben sind jedoch zu leicht, um dem Wellenschlage zu widerstehen und müssen mit grossen Steinen beschwert und abgedeckt werden. Da aber die Böschungen dabei sehr flach werden, — die äussere wird gewöhnlich mit 3facher, die innere mit 2facher Dossirung angelegt — so sind diese Dämme, wie z. B. der alte Damm von Swinemünde, der Zerstörung sehr unterworfen, und auch die grösste Sorgfalt in der Herstellung und Unterhaltung der Abpflasterung vermag nicht dieser Construction die erforderliche Solidität zu geben.

An Stelle der Steinkisten sind in jüngster Zeit beim Hafen von Galveston Schanzkörbe versenkt, die mit Kies gefüllt waren. Boden und Wände wurden mit Cement verstrichen. Die Zwischenräume zwischen den Körben wurden mit Busch ausgefüllt, die Aussenseite der Körbe durch eine Lage Busch mit Cementblöcken gesichert.

Eine durchaus andere Construction, die aber bei den genannten Verhältnissen gewiss mit Vortheil zu verwenden sein würde, ist die am Adriatischen Meere vielfach ausgeführte der Beton- oder Santorin-Dämme. Solche Mauern bedürfen fast keiner Böschung und sind daher für das Anlegen der Schiffe ausserordentlich bequem. Unbedingt erforderlich ist, dass das Fundament nicht wesentlich sinkt. Es muss also der Baugrund aus Felsen bestehen, oder die das Fundament bildende Steinschüttung in grosser Wassertiefe sich Jahre lang gesetzt haben. Die Herstellung ist zwar sehr einfach, aber gefährlich, da die Dämme während der Erhärtung des Betons leicht zerstört werden können. In diesem Falle ist also die Anwendung rasch bindender Cemente zu empfehlen, trotzdem dieselben bekanntlich geringere Festigkeit erlangen, als die langsam bindenden.

Fig. 29 zeigt den Querschnitt des so construirten Molo St. Carlo zu Triest, der allerdings auf ziemlich weichem Boden steht und in grösserer Wassertiefe errichtet ist, aber jedenfalls nicht zu seinem Vortheil, da sich wiederholt bedenkliche Bewegungen gezeigt haben sollen.

3) Bei geringem Wasserwechsel, aber grosser Tiefe und angeschwemmtem Boden wird die Verwendung des Holzes unthunlich. — Rundpfähle von mehr als 15^{m} sind kaum zu beschaffen, Steinkisten werden zu hoch, um sie noch ohne unverhältnissmässige Schwierigkeiten und Kosten versenken zu können. Für diese Verhältnisse sind Steinschüttungen am meisten zu empfehlen, weil ein starkes ungleichmässiges Setzen der Dämme auf solchem Boden jahrelang hindurch unvermeidlich ist, und ein regelrechtes Versetzen grosser Blöcke oder Mauerung deshalb zunächst wenig angebracht sein würde. Ist die Tiefe so gross, dass der Wellenschlag nicht mehr zu fürchten ist, so kann man dann zu den unteren Theilen des Dammes Steinbrocken von geringem Gewichte, also ein verhältnissmässig sehr billiges Material verwenden, und die Steine nach oben und nach aussen hin immer schwerer werden lassen. Denn es wurde oben bereits erwähnt, dass die Dossirungen um so steiler werden können, je schwerer die einzelnen Stücke sind, so dass z. B. geschüttete, grosse

künstliche Blöcke sich auch bei einer einfachen Dossirung noch halten, während Schüttungen aus natürlichen Bruchsteinen, die dem Seegange voll ausgesetzt sind, nach Beobachtungen an den Dämmen von Cherbourgh und Plymouth mit der Zeit eine Dossirung von 1:10 annehmen sollen.

Bei dem Hafendamm von Marseille, dessen Profil in Fig. 34 dargestellt ist, stellte man den inneren Kern zunächst aus Steinen von 5 bis 100^k Gewicht her. Diese wurden durch solche bis zu 1^T schwer überdeckt. Hierauf kam eine Lage grosser natürlicher Blöcke von 1 bis 4^T Gewicht. Schliesslich wurde die seeseitige Böschung bis zu 6^m unter Niedrigwasser hinab mit einer Decke von Betonblöcken von mindestens 25^T Gewicht überschüttet. Der Damm besitzt eine Höhe von rund 20^m, die 30^m breite Krone liegt 2^m,5 über Niedrigwasser. Die seeseitige Dossirung beträgt unter Niedrigwasser 1:1, über demselben $1:2^1/_2$. Die Betonblöcke wurden auf dem Ufer angefertigt und nach ihrer Erhärtung, welche in etwa 14 Tagen erfolgte, ohne Rücksicht auf die Lage jedes einzelnen Blockes verstürzt. (Siehe § 13.)

Um das Anlegen der Schiffe auf der innern Seite zu ermöglichen, wurde die $1^1/_2$fache Böschung daselbst von 6^m unter Niedrigwasser ab mit einer Kaimauer aus Beton versehen und diese mit Gerölle hinterfüllt. Da die Krone des Dammes nicht nur von Fuhrwerk befahren wird, sondern auch zur Ablagerung der Waaren dient, so ist sie gepflastert und seeseitig durch eine Brustmauer von 7^m,5 Höhe gegen den Wellenschlag gesichert. Diese Mauer ist an der Aussenseite lothrecht aufgeführt, ihr Fuss durch ein gemauertes Bankett verstärkt, auf welchem eventuell neue Blöcke angefertigt und verstürzt werden können.

Die Baukosten sind verhältnissmässig sehr niedrig gewesen, einestheils, weil das Baumaterial mit Leichtigkeit in nächster Nähe gewonnen werden konnte und wahrscheinlich auch deshalb, weil die ganzen Vorkehrungen und Anlagen zur Herstellung der Dämme mit grosser Umsicht und Geschicklichkeit ausgeführt wurden, wie dies in dem folgenden Paragraph näher beschrieben werden soll.

Eine ganz ähnliche Construction wie die vorige zeigen die Wellenbrecher von Triest (Fig. 36) und von Fiume, doch sind hier künstliche Blöcke nicht erforderlich geworden.

Durch das Sortiren der Steine nach der Grösse wird eine erhebliche Kostenersparniss erzielt, indem bei Verwendung gleichartigen Materials die Zwischenräume am grössten werden, der Materialverbrauch also abnimmt. Bei den Marseiller Dämmen werden die hohlen Räume zu 30% des ganzen Querschnitts angegeben. Es liegt jedoch auf der Hand, dass die Solidität des Dammes durch diese Höhlungen nicht vergrössert wird, dass es vielmehr im höchsten Grade wünschenswerth sein muss, die ganze Masse so dicht zu lagern, wie irgend möglich, um zu verhindern, dass die Wellen in die Schüttung hineindringen und die einzelnen Steine heben. Es würde daher für die Festigkeit der Construction wahrscheinlich nur vortheilhaft sein, bei derartigen Dämmen den Kern entweder ganz aus grobem Sand zu bilden oder die Zwischenräume in der inneren Steinschüttung mit Sand auszufüllen.

4) Für geringen Fluthwechsel, grosse Tiefe und felsigen Boden ist eine Construction ähnlich der zu Marseille ausgeführten am Platze, jedoch mit dem Unterschiede, dass die den Kern bildende Schüttung aus natürlichen Steinen, falls dieselben nur von mässiger Grösse sind, überall durch regelrecht versetzte künstliche Blöcke eingehüllt wird.

Auf diese Weise ist der Wellenbrecher von St. Jean de Luz (Fig. 31) erbaut, eines kleinen Hafens am biscayischen Meerbusen, der dem Wellenschlage besonders ausgesetzt ist, jedoch als Zufluchtshafen in der Nähe der spanischen Küste für Frankreich politische Bedeutung besitzt und deshalb mit einem Aufwande von mehr als 5 Millionen Mark durch einen Wellenbrecher geschützt wurde. Die dort verwendeten Blöcke besitzen 4^m Länge, 2^m,5 Breite und 2^m Dicke, also 20 kb^m Inhalt.

Eine solche Construction ist jedoch wesentlich theurer, als die blosse Steinschüttung. Die Kosten des Wellenbrechers von St. Jean de Luz sollen 1,2 bis 1,6 Mal grösser sein, als die der Hafendämme von Marseille.

Wenn die verwendeten Steine gross genug sind, ist jedenfalls eine Schüttung ausreichend. Die Unebenheiten des felsigen Untergrundes werden durch kleine Brocken abgeglichen und darauf die grossen künstlichen Blöcke verstürzt. Die Letzteren werden, wenn Steinmaterial zur Genüge vorhanden ist, aus Bruchsteinen gemauert, andernfalls von Beton aus Kies und Sand gebildet.

In dieser Weise sind die Dämme von Algier (Fig. 30), Alexandrien, Livorno (Fig. 32) und Andere construirt.

Die unter 3 und 4 besprochenen Verhältnisse kamen vereint beim Hafen von Kurrachee in Indien vor, indem dort der Boden theils aus angeschwemmtem Sand, theils aus Felsen bestand. Der Wellenbrecher (Fig. 21) wurde in den Jahren 1860 bis 1872 in einer Länge von 458^m erbaut. Die Wassertiefe betrug bis zu 9^m. Es wurde eine Steinschüttung hergestellt, welche bis $4^m,5$ unter Niedrigwasser hinaufreicht. Auf dieser Steinschüttung wurden durch einen weit ausladenden Krahn vom Ufer aus allmählich fortschreitend Betonblöcke von $3^m,6$ Länge, $2^m,4$ Höhe und $1^m,4$ Breite versetzt, so dass je 2 Blöcke nebeneinander und je 3 Stück übereinander stehen. Die Lagerfugen sind jedoch nicht horizontal, sondern etwas geneigt. Obgleich also ein Sacken jedes einzelnen aus 6 Blöcken bestehenden und $1^m,4$ breiten Querschnitts für sich erfolgen kann, so lehnt sich doch jeder Querschnitt gegen den vorher hergestellten und wird durch ihn gestützt. Der Wellenbrecher hat sich bislang durchaus gut bewährt, doch ist zu bemerken, dass der Hafen schon von der Natur eine ziemlich geschützte Lage besitzt. Der Damm kostete pro lauf. Meter nur etwa 4000 Mark.

Die bisher aufgeführten Constructionen entsprechen den Verhältnissen, wie sie namentlich am Mittelmeer, an der Ostsee und der deutschen Nordseeküste vorkommen. Bei grossem Wasserwechsel, also beispielsweise am atlantischen Ocean und am Canal zwischen England und Frankreich wird es möglich, grosse Theile der Dämme im Trocknen auszuführen, sei es durch gewöhnliches Mauerwerk oder durch Versetzen künstlicher Blöcke. Es unterliegt keinem Zweifel dass ein gemauerter Damm jede andere Construction an Solidität übertrifft, sofern sein Fundament genügend sicher ist. Wenn dies nicht der Fall ist, nützt der durch Mauerung erzielte Verband in der Längenrichtung des Dammes jedoch nichts, sondern schadet nur, da bei eintretenden Ausspülungen und Sackungen des Fusses die oberen Theile des Dammes nicht der Bewegung folgen können, wodurch hohle Räume entstehen und schliesslich ein Zusammensturz des Dammes an solcher Stelle unvermeidlich wird.

Es ist daher nur zu empfehlen die Dämme wie bei der eben beschriebenen Mole von Kurrachee ohne Längenverband zu construiren, so dass, falls ein Block der untersten Schicht sinkt, der ganze über ihm liegende und auf ihm ruhende Theil des Dammes mitsackt und durch sein Gewicht verhindert, dass der Block fortgespült wird.

5) Als erstes Beispiel eines Dammes bei s t a r k e m F l u t h w e c h s e l, jedoch m ä s s i g e r W a s s e r t i e f e und a n g e s c h w e m m t e m B o d e n mag der in Fig. 33, Taf. LXI dargestellte Wellenbrecher des Hafens von B r e s t dienen. Der dortige neue Hafen (vergl. Fig. 5, Taf. LVIII) ist von zwei nahezu rechtwinklig zum Ufer liegenden Molen gebildet, vor denen sich ein Wellenbrecher von 980^m Länge befindet. Derselbe ist in einer Wassertiefe von nur 2^m unter Niedrigwasser, die jedoch im Hafen nur an der Binnenseite des Dammes auf $7^m,5$ vertieft wurde, hergestellt. Das Hochwasser liegt $7^m,7$ über Niedrigwasser. Der Baugrund bestand aus weichem Boden. Die Dämme sind aus Steinschüttung von natürlichen Blöcken mit 2,5facher äusserer und 1facher innerer Dossirung hergestellt. Die Kronenbreite beträgt 10^m. Auf der Krone ist eine leichte, stark convexe Brustmauer errichtet. Die Köpfe der Dämme sind abweichend hiervon construirt. Auf einer Steinschüttung von 5^m Höhe liegt eine Schicht 3^m hoher künstlicher Blöcke (s. § 13), darüber 9^m hoch Mauerwerk. (Fig. 22, Taf. LXI).

Diese Construction der Dämme ist jedenfalls sehr billig. Ob eine solche Steinschüttung jedoch bei sehr starkem Wellenschlag haltbar sein würde, erscheint zweifelhaft. Durchaus zweckmässig ist das Profil der Molenhäupter und ist die besonders sorgfältige Construction in dem vorliegenden Falle um so mehr angezeigt, als bei Dämmen, welche aus gewöhnlichen Steinen geschüttet sind, durch den Anprall der den Damm nicht normal sondern schräg treffenden Wellen sehr leicht eine Fortschiebung der Steine vom Molenkopf auf der Böschung entlang nach der Wurzel hin stattfindet. Der Kopf ist also hier noch ganz besonders Beschädigungen ausgesetzt und muss daher mittelst grosser Blöcke gesichert werden. Wie schwierig eine solche Sicherung jedoch ist, zeigt der Wellenbrecher von Wick (Fig. 20) an der Ostküste von Schottland.

Der Wellenbrecher von Wick wurde 1863 bei einer Wassertiefe von 4 bis 10^m unter Niedrigwasser der Springfluthen begonnen. Er wurde aus künstlichen Blöcken von 5 bis 10^T Gewicht hergestellt, welche mit der hohen Kante auf einer Steinschüttung standen. Diese wurde anfangs bis auf $3^m,5$ unter Niedrigwasser aufgeführt, später nur bis auf $5^m,5$ und zwar, wie sich demnächst ergab, mit vollem Recht, da 1868 die Schüttung oberhalb $4^m,5$ unter Niedrigwasser weggewaschen wurde. 1864 waren schon einmal nahezu 100^m Damm weggerissen. Bei der Fabrication der Blöcke ging man von hydraulischem Kalk zu Roman-Cement und schliesslich zu Portland-Cement über. 1870 wurden abermals 120^m, d. i. ungefähr ein Drittel des ganzen Dammes, zerstört. Nachdem bis 1872 der obere Theil wieder erneuert war, zeigte es sich, dass selbst die aus Portland-Cement hergestellten Steine von den Wellen zertrümmert wurden. Im December 1872 trat die grösste Beschädigung ein. Am Molenkopf war die Steinschüttung durch drei Lagen grosser 80 bis 100^T schwerer gemauerter Blöcke überdeckt. Hierauf waren 3 Lagen grosser Quader sorgfältig vermauert. Auf diesen ruhte ein Mauerklotz von 14^m Breite, 8^m Länge und $3^m,3$ Höhe, mehr als 800^T schwer. Dieser Klotz war durch eiserne Bolzen von 8^{cm} Durchmesser an die oberste Lage der künstlichen Blöcke verankert, wurde aber trotzdem im December 1872 mit diesen Blöcken fortgeschoben und auf die Binnendossirung geworfen. Die zusammenhängende Masse besass ein Gewicht von rund 1350^T und ist, soweit man beobachtet hat, die grösste, welche bislang durch die Kraft der Wellen in Bewegung gesetzt wurde. Nachdem der Hauptschutz des Dammes somit beseitigt war, gelang es den Wellen das Cementmauerwerk noch in 50^m Länge zu zerstören. Das Fundament blieb jedoch überall unversehrt.

Die Hafendämme des Amsterdamer Seecanals sind von dem englischen Ingenieur Hawkshaw in einer Tiefe von 7^m unter Niedrigwasser erbaut. Die Sturmfluthen erheben sich etwa 4^m über diesen Wasserspiegel. Die Dämme sind bis zur halben Fluthhöhe ganz aus künstlichen Blöcken hergestellt, von da ab aussen mit solchen Blöcken, innen mit Beton gefüllt. Man glaubte im Anfang die Blöcke unmittelbar auf den Meeresgrund, der aus Sand besteht, setzen zu können. Bei heftigen Sturmfluthen wurden jedoch solche Massen Sand fortgespült, dass die aufgeführten Werke zum Theil wieder einstürzten. Man legte daher zunächst nur eine Lage Blöcke auf den Sand, in der Hoffnung, dass die Stürme diese Blöcke in den Grund einwühlen und somit nach einiger Zeit eine solide Grundlage für die folgenden Schichten bilden würde. Dieses Verfahren ging jedoch zu langsam von statten und man war gezwungen Steinschüttungen auszuführen, ein hier sehr kostspieliges Mittel, da die Steine aus den rheinischen Basaltbrüchen herbeigeschafft werden mussten. Es wurde deshalb die Steinschüttung nur in geringer Breite hergestellt und mit künstlichen Blöcken eingerahmt. Schliesslich musste die Schüttung jedoch in 30^m Breite ausgeführt werden. Nach Jahresfrist wurden auf derselben die Blöcke versetzt. (Ueber die Ausführung vergl. § 13).

Das in Fig. 14 dargestellte Profil der Dämme zeigte sich dem ausserordentlich heftigen Wellenschlag der niederländischen Küste nicht gewachsen und soll in jüngster Zeit durch Verstürzen von Betonblöcken, die an der Binnenseite bis etwa 3^m über Niedrigwasser reichen und 4^m Kronenbreite haben, verstärkt sein.

Aus den aufgeführten drei Beispielen geht hervor, dass unter den zuletzt genannten Verhältnissen eine Construction zu empfehlen sein wird, die in den unteren Theilen aus Steinschüttung besteht, auf welcher etwa bis zur Höhe der gewöhnlichen Fluth künstliche Blöcke versetzt werden, während oberhalb dieses Wasserspiegels nach Verlauf einiger Zeit gemauert werden kann.

Es sind jedoch an dieser Stelle noch zwei verschiedene Constructionen zu erwähnen, durch welche sog. durchsichtige Hafendämme *(jetées à claire-voie)* hergestellt wurden.

Die erste ist die im Hafen von Dünkirchen (Fig. 25), ausserdem auch in Ostende, Calais und anderen Orten zur Ausführung gekommene Buschpackung mit Pflasterung, etwa bis zur halben Höhe der gewöhnlichen Fluth hinaufreichend, übrigens aus Pfahlwerk hergestellt. Die äussere Dossirung des etwa 3^m hohen Dammes beträgt am Fusse 1:5, geht aber an der Krone in 1:12 über. Die Pflasterung wird überall durch geflochtene Zäune gehalten. Der Fuss lehnt sich gegen eine Pfahlreihe mit durchlaufender Gurtung. Da der Damm bei Niedrigwasser trocken läuft, so kann die Pflasterung gut erhalten werden. Das Holz der Laufbrücke ist einer sehr raschen Zerstörung unterworfen. Wie bereits im vorigen Paragraph gesagt, schaffen diese Dämme hinter sich kein ruhiges Wasser, sondern haben vorzugsweise den Zweck bei niedrigen Wasserständen den Spülstrom zusammen zu halten.

Aehnliche Holz-Pfahlwerke wurden früher auch in dem Hafen von Bayonne angewandt. Derselbe liegt am Flusse Adour etwas oberhalb der Einmündung des letzteren in die See. Die Einfahrt wurde durch Sandbänke beeinträchtigt, welche bei Hochwasser des Flusses in die See getrieben, bei heftigem Seegange dagegen wieder in den Fluss zurückgeschoben wurden. Nach vielfachen Versuchen war man zur Anwendung durchsichtiger Holzdämme gelangt, überzeugte sich jedoch, dass auch diese wegen ihrer geringen Dauerhaftigkeit nicht zweckmässig seien, namentlich nachdem der Bohrwurm von ihnen Besitz genommen hatte. Es wurde daher 1868 mit dem Bau eines vom Ingenieur Prompt erfundenen eisernen Pfahldammes begonnen, der seinen Zweck durchaus erfüllen soll. Man trieb in je 5^m Entfernung von einander gusseiserne Röhren von 2^m Durchmesser mittelst pneumatischer Apparate ein (Fig. 12) und zwar am seeseitigen Ende bis $11^m,8$, näher der Küste bis $7^m,3$ unter dem niedrigsten Wasserstand. Die Röhren wurden mit Beton gefüllt und oben durch ein leichtes eisernes Brückengerüst mit einander verbunden. Unten wurden sie bis auf 3^m unter Niedrigwasser mit Steinschüttung umhüllt, der obere Zwischenraum aber durch ein Gitter geschlossen, durch welches man den Durchfluss zwischen den Säulen nach Bedürfniss hemmen kann. Dass diese Gitter, sowie die obere Brücken-Construction auf die Dauer heftigem Seegange widerstehen sollten, erscheint zwar nicht wahrscheinlich, doch soll sich die Construction an ihrem Platze durchaus bewähren. Der Damm kostete pro lauf. Meter etwa 2500 Mark.

6) Bei grossem Wasserwechsel, geringer Wassertiefe und felsigem Boden ist es zweckmässig, die Sohle durch Sprengen oder durch eine dünne Steinschüttung soweit zu ebnen, dass grosse künstliche Blöcke regelrecht versetzt werden können.

Der nordöstliche Hafendamm von Seaham (Fig. 28) ist in kaum 1^m Wassertiefe auf Felsen fundirt. Der Fluthwechsel beträgt $4^m,2$. Der Damm hat eine Gesammthöhe von rund 8^m, eine untere Breite von 15^m, eine Kronenbreite von $6^m,5$. Er besteht im Innern aus horizontal versetzten Blöcken, während die Dossirungen durch rückwärts geneigte, besonders grosse Blöcke gebildet werden, die mit einer Art Versatz ineinander greifen, so dass ein einzelner Block durch den Wellenstoss weder nach innen noch nach aussen gedrängt werden kann.

Für die vorliegenden örtlichen Verhältnisse empfiehlt sich auch die weiter unten beschriebene Construction der Mole von Aberdeen.

7) Grosser Wasserwechsel, grosse Tiefe und angeschwemmter Boden — das waren die örtlichen Verhältnisse, welche sich bei den grossen Dämmen von Cherbourgh, Plymouth, Holyhead, Portland, Alderney u. A. fanden, an denen die meisten Erfahrungen über die zweckmässigste Form der Hafendämme gemacht wurden. Namentlich ist es der in § 4 bereits besprochene Wellenbrecher von Cherbourgh, dessen Name in der Entwickelungsgeschichte der Hafendämme stets mit in erster Linie genannt werden muss.[8])

[8]) Eine sehr ausführliche Beschreibung desselben findet sich in Hagen's Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Theil.

Der Wellenbrecher in Plymouth (Fig. 38) wurde in einer Wassertiefe von 12 bis 14^{m} erbaut. Die Kronenbreite sollte 16^{m} betragen, die seeseitige Dossirung sollte 4,5fache, die Binnendossirung 3fache Anlage erhalten. Nachdem während der Herstellung, mit welcher 1812 begonnen war, mehrfach bedeutende Beschädigungen stattgefunden, die Steine von der äusseren Böschung über die Krone geworfen und letztere mehrfach durchbrochen war, wurde die äussere Böschung mit 5facher, die innere dagegen mit 2facher Anlage hergestellt. Man verwendete nur die grössten natürlichen Steinblöcke, die man in den Brüchen gewinnen konnte, und pflasterte die äussere Böschung mit solchen Steinen, die in Cementmörtel gelegt wurden, ab. In neuerer Zeit hat man auf der Krone des Dammes starke Ketten ausgespannt, um die auf dieselben hinaufgeschleuderten Steine aufzufangen.

Diesem Zwecke genügt nun allerdings eine Brustmauer besser, wie sie an dem Damm von Alderney (Fig. 35) angebracht ist. Die Bildung eines englischen Kriegshafens auf der Cherbourgh gegenüber liegenden Insel Alderney war wegen des ausserordentlich heftigen Wellenschlages mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Die Wassertiefe unter Niedrigwasser betrug 10 bis 23^{m}. Es wurde eine Steinschüttung bis zur Höhe des Niedrigwassers hergestellt, welche unten etwa 2fache, oben dagegen 7fache Dossirung erhielt. Nachdem die Schüttung sich gesetzt hatte, wurden für den oberen Bau Fundamentgruben bis 3^{m} tief wieder ausgehoben und eine Fundirung aus grossen Granitquadern und künstlichen Betonblöcken hergestellt. Die Krone des gemauerten Dammes liegt 2^{m} über Hochwasser und ist 8^{m} breit. Die Brustmauer ist mit Nischen versehen, welche hier nicht als Lagerräume, sondern als Zufluchtsorte gegen die manchmal 30^{m} hoch über die Brustmauer schlagenden Wellen dienen. Es ist daher nicht zu verwundern, dass die Unterhaltung dieses Wellenbrechers grosse Kosten verursacht. Es leidet besonders die Steinschüttung in den oberen Theilen und zwar etwa 4^{m},5 bis 6^{m} unter Niedrigwasser. Weiter abwärts ist keine Zerstörung bemerkbar. Hiernach erscheint es nicht zweifelhaft, dass es besser gewesen wäre die Steinschüttung nur bis zu dieser Höhe zu führen und sodann mit möglichst grossen Blöcken einen steilen Damm zu bauen, wie dies im Hafen von Wick später geschehen ist und sich auch bei den nun noch zu besprechenden Dämmen von Dover und Aberdeen bewährt hat.

8) Bei den zuletzt genannten Häfen besteht der Meeresboden aus Felsen, Fluthwechsel und Wassertiefe sind bedeutend.

Bei Dover (Fig. 37) beträgt die Wassertiefe 12 bis 15^{m}, der Fluthwechsel 5^{m},8 bei Springfluthen, 3^{m},4 bei Nippfluthen.

Die 900^{m} lange Mole ist direct auf gewachsenen Kreidefelsen fundirt und besteht im Innern aus Betonblöcken, während der äussere Mantel aus grossen Quadern von sehr festem Granit gebildet ist. Die Blöcke sind ohne Mörtel, übrigens in horizontalen Schichten regelrecht versetzt. Durch Zurückspringen jeder oberen Schicht gegen die unterliegende um 7,5 bis 15^{cm} wird eine Neigung der Seiten von etwa 1:9 hergestellt. Die untere Breite beträgt 18^{m},5, die Kronenbreite 13^{m},5, die ganze Höhe des Dammes einschliesslich Brustmauer 28^{m}. Im Innern der Mole sind nach neueren Angaben Aussparungen angebracht, in welche Füllbeton geschüttet ist. Ueber Hochwasser ist der ganze Kern aus Beton hergestellt. Auf der Krone der Mole liegen 2 Eisenbahngleise und neben demselben noch die Räume zur Beförderung von Personen und Gepäck. Diese Räume sind durch eiserne Säulen gebildet, welche eiserne Balken tragen, auf denen Sandsteinplatten liegen. Je nach der Richtung der Stürme

wird von den Schiffen auf der Nord- oder Südseite der Mole angelegt. Ueber die für alle Wasserstände ausreichende, zweckmässige Treppenanlage ist bereits in § 9 gesprochen.

In Aberdeen an der Ostküste von Schottland ist 1873 ein Hafendamm vollendet, bei welchem die Abgleichung des felsigen Bodens durch grosse mit flüssigem Beton gefüllte Säcke bewirkt wurde (Fig. 23). Auf diese brachte man 5 Schichten von Betonblöcken bis zur Höhe von $0^m,3$ über Niedrigwasser. Der ganze obere Theil des Dammes wurde an Ort und Stelle aus Beton hergestellt. Der Anlauf des Mauerwerks beträgt 1:8.

Bei dem sehr geschützt liegenden Hafen von Greenock (siehe Fig. 3, Taf. XLV) wurden die Hafendämme an beiden Seiten mit Kaimauern eingefasst, zu deren Ausführung man an der Vorderfläche dieser Mauern gusseiserne Leitpfähle in $2^m,1$ Entfernung von einander bis zur Höhe des Niedrigwassers einrammte. Die Mauern reichten 5^m unter diesen Wasserstand hinab. Die Pfähle wurden an den Köpfen durch eiserne Zugstangen quer durch den Damm hindurch verbunden, sodann wurde eine 1^m starke, 6^m breite Betonsohle als Fundament geschüttet. Hierauf schob man $0^m,5$ starke, $2^m,1$ lange Granitplatten zwischen die Pfähle, welche zu diesem Zwecke mit entsprechenden Nuthen versehen waren. Hinter diesen Platten, deren je drei immer eine Höhe von zusammen 5^m bildeten, wurde der eigentliche Mauerkörper hergestellt, und zwar bis auf Niedrigwasser aus Beton. Die untere Breite einer solchen Mauer betrug $3^m,5$, die obere $1^m,5$. Der Zwischenraum zwischen den beiden Mauern, also die innere Ausfüllung des Dammes, bestand aus loser Steinschüttung. Nachdem in solcher Weise der ganze Damm bis zu Niedrigwasser aufgeführt und der Beton gehörig erhärtet war, wurde eine Schicht Granitquader oben auf die Köpfe der gusseisernen Pfähle und der Granitplatten gelegt, und dann der obere Theil der Mauern in Bruchsteinen mit Quader-Verblendung aufgemauert. Da es sich gezeigt hat, dass die eisernen Pfähle unter der Einwirkung des Seewassers sehr stark rosteten, so wurde beabsichtigt bei etwaigen Erweiterungen die Granitplatten zwischen den Pfählen so zu gestalten, dass sie über die Vorderfläche der letzteren hinübergreifen und die Fugen dazwischen mit Cement vergossen werden können.

Für diese Construction gilt das bei den Betondämmen von Triest Gesagte, dass sie unbedingt nur auf festem Baugrunde hergestellt werden sollten.

Da die Zweckmässigkeit einer Construction, wenn auch zunächst von ihrer Widerstandsfähigkeit, so doch in zweiter Linie von den Kosten abhängt, welche ihre Ausführung verursacht, so wird die Zusammenstellung der Baukosten einiger Hafendämme von Interesse sein. Nur darf beim Vergleich der einzelnen Zahlen nicht vergessen werden, dass die Einheitspreise nach der Zeit der Ausführung und der Oertlichkeit sehr verschiedene sein mussten.

Es kostete der laufende Meter der Hafendämme:

von	Marseille	bei	9 bis 17^m	Wassertiefe	7000 M.
„	Algier	„	11 bis 17^m	„	8000 „
„	Livorno	„	11^m	„	8000 „
„	St. Jean de Luz . .	„	13^m	„	9000 „
„	Holyhead	„	9 bis 13^m	„	10000 „
„	Portland	„	14 bis $18^m,5$	„	8000 „
„	Cherbourgh . . .	„	12^m	„	14000 „
„	Plymouth	„	12 bis 14^m	„	13000 „
„	Alderney	„	10 bis 23^m	„	11000 „
„	Aberdeen	„	6 bis 7^m	„	4700 „
„	Kurrachee	„	9^m	„	4000 „
„	Dover	„	12 bis 15^m	„	23000 „ .

§ 13. Ausführung der Hafendämme. Die Ausführung der Hafendämme bietet in der Regel grosse Schwierigkeiten, da man auf dem Bauplatze keinen Augenblick vor den Angriffen der See sicher ist. Es kommt also darauf an, jede günstige Stunde zu benutzen und wenn möglich Tag und Nacht zu arbeiten, zumal unfreiwillige Pausen oft genug eintreten. Bei Dämmen, welche nicht allseitig vom Wasser

umgeben sind, ist der Bau stets vom Lande aus zu beginnen und so zu betreiben, dass die ausgeführten Theile nicht wesentlich mehr beansprucht werden, als es nach Fertigstellung des ganzen Dammes der Fall sein wird. Bei Ausführung des Amsterdamer Seecanals versuchte man, weil die ausserordentlich starke Brandung den Bau vom Lande aus sehr erschwerte und sich in Folge der Küstenströmung vor den jeweiligen äussersten Enden, wie bei Buhnenköpfen, stetige Vertiefungen der Sohle zeigten, ein Stück des nördlichen Dammes als Insel frei in der See herzustellen, um von dort landwärts vorzugehen. Zwischen der künstlichen Insel und dem Dammende am festen Ufer entstand jedoch eine so heftige Strömung, dass zuletzt das ganze Werk unterwaschen worden wäre, wenn man nicht rechtzeitig unter Herstellung beinahe des doppelten Profils mit sehr erheblichen Kosten die Oeffnung bis zur Niedrigwasserhöhe mit Betonblöcken zugeworfen hätte.

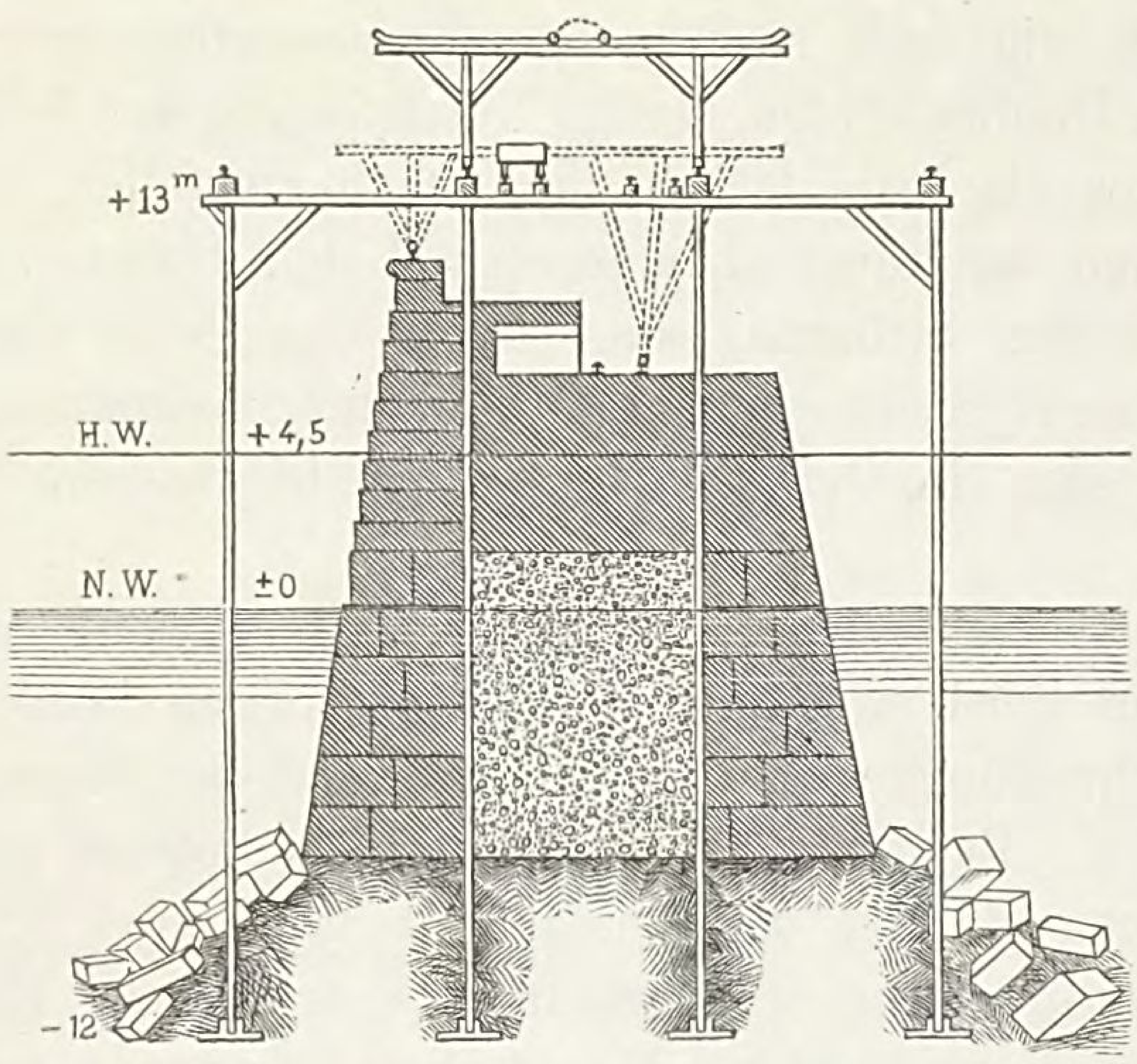
Da beim Bau vom Lande aus der vorderste Theil des in Ausführung begriffenen Dammes in derselben Weise angegriffen wird, wie der Kopf des fertigen Wellenbrechers, so muss er bei längeren Unterbrechungen, namentlich während der Winterstürme, auch besonders gesichert werden. Es kann z. B. vorkommen, dass es sich empfiehlt dem Längenprofil des Dammes während der Ausführung nach vorn eine sehr flache Dossirung zu geben, um bei geringer Wassertiefe eine schädliche Einwirkung der Wellen auf den Meeresboden zu vermeiden. Bei starken Stürmen würde aber diese flache Böschung, wie früher erwähnt, für den Damm sehr nachtheilig sein können, indem vorher unschädlich oscillirende Wellen durch sie veranlasst werden könnten eine fortschreitende Bewegung anzunehmen und auf den Damm einen zerstörenden Einfluss auszuüben, der vermieden würde, wenn man beim Schlusse des Baujahres einen provisorischen Wellenkopf mit steiler Böschung und vielleicht nach besonders starker Abdeckung hergestellt hätte.

Die Ausführung der aus Holz, bezw. Busch bestehenden Hafendämme bedarf keiner weiteren Besprechung. Die Pfähle werden am besten mit Nasmyth'schen Dampframmen von schwimmender Rüstung geschlagen und so bald als möglich durch Ketten und Zangen untereinander verbunden, um dem Wellenschlage gemeinschaftlich widerstehen zu können. Faschinendämme werden in der Regel aus Senkstücken von etwa 20 bis 25^{m} Länge, 12^{m} Breite und 2^{m} Höhe hergestellt, die neben- und untereinander im Verbande versenkt und mit Steinschüttung überdeckt werden. Auch der Bau der aus natürlichen Steinen geschütteten Dämme bietet nichts von anderen Bauausführungen wesentlich Abweichendes. Die Steine können entweder auf festen Rüstungen vom Lande aus angefahren, oder mittelst geeigneter Prahme zu Wasser herangebracht und verstürzt werden. Die Gewinnung der Steine erfolgt meistentheils durch Sprengen von Felsen. Früher verwandte man hierzu ausschliesslich Pulver, bei Holyhead beispielsweise zu einer Sprengung gleichzeitig mehr als 9000^{k}; in neuerer Zeit hat das Dynamit jedoch das Pulver verdrängt, da die Wirkung eine wesentlich grössere ist.

Der Transport auf Bahnen, zumal wenn dieselben von Steinbrüchen direct nach der Verwendungsstelle angelegt werden können, ist demjenigen zu Schiff weit vorzuziehen, da die Bahn so hoch gelegt werden kann, dass sich von ihr aus auch die höchsten Theile des Dammes durch einfaches Kippen der Wagen schütten lassen, während bei Schiffen in der Regel ein wenn auch nur kurzer Transport aus dem Steinbruch nach dem Schiff, dann ein Umladen ins Schiff und bei dem ganzen oberen Theile des Dammes ein Zeit und Geld raubendes Umladen aus dem Schiff auf die Dammböschung stattfinden muss.

Wenn es also möglich ist den Damm mit einer Eisenbahn zu erreichen, so empfiehlt es sich solide Rüstungen zu errichten, event. aus eisernen Pfählen, die zunächst mit Steinen umschüttet oder eingeschraubt werden, und dann den Damm in Strecken von einer Zuglänge durch seitliches Kippen rasch aufzuführen. In ähnlicher Weise ist z. B. bei Holyhead und Portland verfahren. Aehnlich sind auch die nebenstehend (Fig. 33) skizzirten Rüstungen der Molen an der Tyne-Mündung, die allerdings grösstentheils aus regelrecht mit Hülfe von Laufkrahnen versetzten Blöcken bestehen. Die eisernen Schuhe, in welchen die Pfähle stehen, wurden durch Taucher an Ort und Stelle gebracht und nachher mit Steinen umpackt.

Fig. 33.



Das Schütten von Schiffen aus erfolgt am schnellsten durch Oeffnen von Seiten- oder Bodenklappen (siehe Taf. LXII, Fig. 15), wie bei den Baggerprahmen, ist dann aber nur bei kleineren Steinen ausführbar, da die grösseren sich leicht in den Oeffnungen festsetzen und nur mit grosser Mühe wieder gelöst werden können. Grosse natürliche Blöcke ladet man auf das Deck der Schiffe, welches zu dem Zwecke mit schiefen Ebenen versehen wird, von welchen die Steine bei einiger Nachhülfe hinunterrutschen, wenn man das Fahrzeug in starkes Schwanken bringt. In Marseille waren auf jedem Prahm in der Querrichtung 3 Rutschbahnen mit einem Gefälle von 1:10 angebracht. Die Blöcke wurden zunächst durch je 2 Arme gehalten, welche zu bestimmter Zeit durch einen Hebel entfernt wurden. Schwer ist es jedoch die einzelnen Steine durch Krahne, welche an Deck stehen, über Bord zu heben.

Die Ausführung der Dämme aus künstlichen Blöcken bedarf jedoch noch einer näheren Beschreibung, zumal dieses Baumaterial ausser bei Hafendämmen und Mauern keine Verwendung findet, hier aber in den letzten Jahren von ausserordentlicher Bedeutung geworden ist.

Die Bereitung der Blöcke kann entweder aus Beton oder aus Mauerwerk erfolgen, je nach der Grösse, in welcher das erforderliche Steinmaterial sich findet.

Im Allgemeinen ist als Regel zu betrachten, dass man da, wo es sich um die Verwendung grosser Massen von künstlichen Blöcken handelt, alle Vorrichtungen zur Bereitung, zum Transport und zum Versetzen derselben so stark und vollkommen als möglich construirt, da diese Anlagekosten durch den sicheren und schnelleren Betrieb in kürzester Zeit erspart werden.

Als Beispiel einer vollendeten Anlage für die Bereitung derartiger Betonblöcke ist auf Taf. LXII in Fig. 1 u. 2, die bei den Hafenbauten in Marseille benutzte Vorrichtung dargestellt.

Der Mörtel wurde mit drei Maschinengöpeln auf einer Rüstung von etwa 20m Länge und 12m Breite angefertigt. Unter der Rüstung liegen die von der Dampfmaschine ausgehenden Transmissionen und 2 Eisenbahngleise. Auf dem linkseitigen wurden Sand- und Kalkwagen — statt des Cementes wurde hydraulischer Kalk verwendet — herangebracht, mittelst einer Dampfwippe auf die Plattform gehoben und oben auf dem genau darüber liegenden Gleise nach den Mörtelmaschinen weiter geschoben. Unter diesen standen die Wagen zur Aufnahme des fertigen Mörtels, welche mit

derselben Hebevorrichtung auf das rechtseitige obere Gleis gehoben wurden. Diese Hebevorrichtung betand aus einem starken Balancier, an dem an jeder Seite eine Bühne hing, auf welche die Wagen des linken und rechten Gleises geschoben werden konnten. Auf der oberen Rüstung stand der Dampfcylinder, dessen Kolben unmittelbar mit dem Balancier und zwar in halber Länge des Armes verbunden war. Je nachdem der Dampf unter oder über den Kolben trat, hob er die eine oder andere Bühne mit dem darauf stehenden Wagen. Die auf der Rüstung stehenden Wasserbehälter wurden aus einer vorhandenen Wasserleitung gefüllt. Eine dritte Hebevorrichtung in Form einer einseitigen Wippe diente zum Herablassen der leeren Wagen von der Plattform auf das untere Gleise, und wurde mit einer Handwinde bewegt, da die erforderliche Kraft gering war. Der Beton wurde in 5 transportablen Betonmaschinen bereitet, Cylindern von etwa 1^m Durchmesser und $1^m,25$ Länge mit horizontalen Wellen, die auf Wagen befestigt waren. Nachdem ein Theil vom Mantel eines solchen Cylinders geöffnet und letzterer etwa zur Hälfte mit Kies und Mörtel gefüllt war, schob man ihn so weit fort, dass der von der Hauptwelle ausgehende Riemen auf die zur Seite des Cylinders angebrachte Riemscheibe passte, durch welche dieser mittelst zweier Zahnräder in Umdrehung gesetzt wurde. Ob diese Betonmaschinen in jeder Hinsicht ihren Zweck erfüllt haben ist zweifelhaft, da sie wenigstens zeitweise ausser Gebrauch gesetzt waren, und die Betonbereitung mit der Hand erfolgte. Nach anderen Angaben sollen sie sich sehr gut bewährt haben. Sobald der Beton genügend gemischt war, wurden die Wagen vom Riemen gelöst und über die Formkasten gefahren, in welchen die Blöcke gebildet wurden, um hier ausgestürzt zu werden. Da die Blöcke resp. die Formkasten in langen Reihen nebeneinander aufgestellt waren, so hatte man quer vor diesen eine Schiebebühne angelegt, auf welcher die Betonmaschine soweit verschoben werden konnte, dass sie vor die bestimmte Reihe kam, in welcher der Block gebildet werden sollte. Von dieser Bühne gingen dann leichte Bahnen aus, die über die fertigen und bereits erhärteten Blöcke, oder über die Formkasten hin bis zu der Stelle geführt waren, wo der neue Block angefertigt wurde. Jeder Block hielt 10 kb^m. Die Form bestand aus 4 hölzernen Wänden, welche durch Schraubbolzen zusammengehalten wurden. Durch Einlegen von zwei etwa 15^{cm} starken Hölzern wurden in der unteren Fläche der Blöcke Rillen gebildet, durch welche man, wenn die Steine gehoben werden sollten, Ketten hindurchzog. Nach 2 bis 3 Tagen konnten die Formen abgenommen werden.

Der Transport durfte jedoch erst nach 6 Wochen erfolgen. Er wurde in der Weise ausgeführt, dass man zu jeder Seite des Blockes Schienen legte, auf denen ein in Fig. 3 dargestellter Laufkrahn sich bewegte. Derselbe hob an zwei durch die im Stein befindlichen Rillen gezogenen Ketten den Block auf und brachte ihn an ein am unteren Ende des Lagerplatzes befindliches, etwas versenktes Gleise, auf dem eiserne Wagen den weiteren Transport nach dem in Fig. 5 gezeichneten, im Wasser aufgestellten Krahngerüst bewirkten. Der auf dieser Rüstung laufende Krahn legte die Blöcke auf das Deck der Schiffe. Mittelst einer ähnlichen Hebevorrichtung wurde der Block demnächst auf den Hafendamm gehoben und dort dann auf Gleisen weiter geführt. Der in Fig. 4 gezeichnete schwimmende Krahn diente zum Versetzen der für den oberen Theil des Dammes bestimmten Blöcke.

In St. Jean de Luz wurden 20 kb^m haltende Blöcke theils in Formen aus Beton hergestellt, theils aus Bruchsteinen in Cementmörtel gemauert. Das Versetzen erfolgte nach etwa 2 Monaten mittelst zu diesem Zwecke eigens construirter Barken. (Siehe Fig. 6.) Die Blöcke wurden schon bei der Anfertigung mit 2 eisernen Stangen armirt, welche oben einen Ring zum Einhaken der Ketten besassen. An Stelle einer einzigen Barke wurden auch zwei gekuppelte Prahme benutzt, zwischen denen der Block hing.

Dies letztere Verfahren wurde auch bei den Hafenbauten in Wick angewandt. Die hier verwendeten Blöcke hatten einen Inhalt von rund 42 kb^m, nämlich (rund) 7^m Länge, 4^m Breite und $1^m,5$ Höhe. Da ein Fluthwechsel von etwa 3^m vorhanden war, so wurden hölzerne Plattformen etwa $0^m,5$ über Niedrigwasser erbaut, auf welchen ein Block durchschnittlich in zwei Tiden angefertigt wurde. Er ward aus Lagen von Steinen im Gewicht von 5 bis 40^k aus Kies, Sand und Cement hergestellt, und zwar bestand das Mischungsverhältniss aus etwa 1 Cement auf 7 Theile Sand und Stein. Den halbfertigen Block schützte man gegen die Einwirkung der Fluth durch Bedeckung mit Segeltuch und Steinen. In 2 Tagen konnten die Seitenwände abgenommen, in 8 Tagen die Blöcke versetzt werden. Das Versetzen erfolgte durch zwei Prahme von je 50 Tons Tragfähigkeit, die durch starke Rüstungen steif verbunden waren (siehe Fig. 7 u. 8). Auf jedem Prahm standen 2 Winden, deren Ketten den Block an den 4 Ecken fassten, welche zu dem Zwecke mit eisernen Hebestangen versehen waren. Bei der Grösse der Blöcke schien es erforderlich, dieselben an mehreren Punkten zu fassen

und die Last möglichst gleichmässig auf das ganze schwimmende Gerüst zu vertheilen, zumal ausser der ruhenden Last auch die Stösse berücksichtigt werden mussten, welche bei unruhiger See durch Wellenschlag hervorgebracht wurden, namentlich wenn die Welle über einen Prahm hinüber von oben auf den Block schlug.

Um zu vermeiden, dass durch die 4 Winden ein ungleicher Zug auf die Hebestangen ausgeübt wurde, zogen je zwei gegeneinander überstehende Winden gemeinschaftlich an ein und derselben Kette und zwar jede an einem Ende, während der mittlere Theil um die Scheibenblöcke geschlungen war. Hierdurch wurde die Möglichkeit vermieden, dass die für 2 Winden bestimmte Last zeitweise vielleicht nur auf eine zur Wirkung kam, und bewährte sich das Verfahren ganz vorzüglich. An jeder Winde arbeiteten 4 Mann. Das Herablassen konnte mittelst Bremsen geschehen, wodurch ausserordentlich viel Zeit gewonnen wurde. Es waren besondere Vorrichtungen an den Winden angebracht, durch welche der in der Mitte der Rüstung stehende Aufseher sich jederzeit überzeugen konnte, ob die Senkung an beiden Seiten gleichmässig erfolgte.

In Fig. 11 bis 16, Taf. LXII ist die Anlage zum Transport der künstlichen Blöcke im Hafen von Brest gezeigt.

Nachdem man hier anfangs die Blöcke am Strande in der Höhe zwischen Hoch- und Niedrigwasser angefertigt und wegen des Wasserwechsels viel Zeit und Mörtel verloren hatte, beschloss man, die Anfertigung über Hochwasser zu bewirken und baute zu dem Zweck einen Helling von 115^m Länge und 5^m Breite.

Derselbe bestand aus 3 Langschwellen, welche eine Neigung von 1:16 besassen, unter sich durch Querverbindungen versteift und durch entsprechend kleine Mauern unterstützt waren. S. Fig. 14. Die Oberfläche der Schwellen war sanft abgerundet, so dass die auf dem Helling hinabgleitenden Schlitten, deren Unterfläche entsprechend ausgehöhlt war, eine Führung gegen seitliches Verschieben gewannen. Diese hölzernen Schlitten hatten eine Grundfläche von 5×3^m. Sie standen hintereinander und konnten durch die in Fig. 13 dargestellte Vorrichtung sehr rasch und sicher an die zu jeder Seite des Hellings hinlaufenden Ketten ohne Ende angehakt werden. Diese Befestigungsvorrichtung liess sich so reguliren, dass die Spannung der beiden Ketten eine gleichmässige war. Die Ketten liefen zur Hälfte überirdisch auf Leitrollen, zur anderen Hälfte in einem unterirdischen Canal und wurden durch eine Locomobile bewegt. Wenn ein Block nicht ordentlich hinunterlief, was namentlich durch Senkungen in einzelnen Strecken des Hellings verursacht wurde, so schob man von hinten mit Schrauben nach, doch machte dies viel Mühe und man kam zu der Ueberzeugung, dass ein solcher Helling absolut fest fundirt sein müsse. Auf dem oben erwähnten Schlitten wurden die 45 kb^m haltenden Blöcke aus Bruchsteinen aufgemauert. Der Mörtel bestand aus 1 Theil Cement auf 4 Theile Sand. Anfangs machte man zum Heben der Blöcke Rillen in die Unterfläche, durch welche die Ketten gezogen wurden, wie dies bei früheren Ausführungen in Marseille, Algier, Cette u. s. w. geschehen war. Es zeigte sich jedoch, dass dies Verfahren bei der Grösse der Blöcke sehr schwierig war und man wendete daher hier zuerst 4 bewegliche Hebestangen an, welche unten mit einem ⊥ versehen, in einen verticalen gemauerten Schacht von $0^m,12 \times 0^m,40$ Weite hineingesteckt und um 90° gedreht wurden, in derselben Weise wie es später in Wick zur Anwendung gebracht und oben beschrieben wurde.

Zum Transport der Blöcke vom Helling nach der Verwendungsstelle bediente man sich eines einzigen Prahms (Fig. 15, 16), der mit Klappen versehen war und übrigens zum Transportiren von Bruchsteinen benutzt wurde. Ueber 4 Klappenschächten waren Winden aufgestellt, die mit je 4 Mann besetzt wurden. Das Heben selbst überliess man der Fluth. Es konnten im Monat mit einem Prahm in durchschnittlich 15 wirklichen Arbeitstagen 30 Blöcke transportirt und versetzt werden, wobei man Tag und Nacht arbeitete und zwar Nachts unter Benutzung unterseeischer Lampen.

Für den Transport kleinerer Blöcke sind mehrfach mit Vortheil statt der Prahme Flösse verwendet worden, die aus 2 Tonnen gebildet waren, zwischen welchen der Block aufgehängt ward. So in den Häfen von Algier, wo die ersten künstlichen Blöcke zur Verwendung kamen und in Cette. Das an ersterem Orte für Blöcke von etwa 7,5 kb^m benutzte Floss ist in Fig. 9 und 10 dargestellt. Der Wagen, welcher den Block trägt, läuft auf einer das Ende des Hellings bildenden Klappe soweit unter Wasser hinab, dass das Floss ihn erreichen kann, wobei die Klappe sich auf einen passend geformten versenkten Block auflegt und stützt. Der Block mit dem Wagen wird durch Ketten so an dem Floss befestigt, dass er eine geneigte Lage hat und an der Verwendungsstelle, wo die Ketten durch Ausziehen eines Splintes plötzlich gelöst werden, vom Wagen in die Tiefe rutscht. Dies Verfahren ist selbstverständlich nur anwendbar, wenn die Steine, wie es hier der Fall war, nicht versetzt, sondern verstürzt werden.

In Cette hatte man daher auf einem übrigens ganz ähnlich construirten Flosse vier Winden aufgestellt, mittelst welcher der 12 kb^{m} haltende Block vom Wagen abgehoben, in horizontale Lage gebracht und genau versetzt wurde. Das letzte Stück des Hellings, soweit dasselbe unter Wasser lag, bestand aus zwei 20^{m} langen Balken, die durch Querhölzer fest verbunden waren und direct die Eisenbahnschienen trugen. Dieser so gebildete Rahmen wurde am Ufer genau befestigt und durch Beschwerung mit Ballasteisen auf die von Tauchern unter Wasser abgeschnittenen Köpfe eingerammter Pfähle hinabgesenkt. Wenn der Rahmen die Pfähle verfehlte, wurde er wieder aufgenommen und neu versenkt; wenn er an einzelnen Pfahlköpfen nicht auflag, trieben die Taucher Keile dazwischen.

Dies Verfahren muss in der Ausführung einfacher gewesen sein, als man nach den in unseren Gegenden mit Tauchern gemachten Erfahrungen annehmen sollte, da man es unverändert beibehielt, obgleich der Bohrwurm alle Jahre den Rahmen vollständig zerstörte.

Besonders schwierig wegen der grossen Wassertiefe war die Ausführung des Hafendammes von Dover. Hier wurden alle Blöcke, die bis 2,5 kb^{m} Inhalt hatten, mit Taucherglocken versetzt und zwar im Durchschnitt mit einer Glocke täglich 2 Stück. Die Glocken hingen an Rollkrahnen, welche weit vor dem über Wasser tretenden Theile des Dammes auf Gerüsten liefen. Auf letzteren wurden auch die Blöcke vom Lande herangefahren und unter die hochaufgezogenen Glocken gebracht.

Diese Art des Versetzens künstlicher Blöcke kann nach den namentlich bei Brest und Wick inzwischen gemachten Erfahrungen keine Nachahmung mehr finden, da man durch Verwendung bedeutend grösserer Blöcke im Stande ist ungleich rascher zu bauen. Die Taucherglocke ist wegen ihrer Schwerfälligkeit veraltet. Sollte die Wassertiefe so gross sein, dass man von oben sich nicht mehr von der richtigen Lage der Blöcke überzeugen könnte, so würde es genügen, einen einzelnen Taucher mit Helm und Tornister hinunter zu schicken.

Bei den Hafendämmen des Amsterdamer Seecanals wurden die Blöcke zu Lande herangebracht und mit Krahnen versetzt. Es war zu dem Ende ein Krahngerüst aus einzelnen Schraubenpfählen hergestellt, die unter sich durch Ketten verbunden und durch schwere Schiffsanker seitlich befestigt waren (Taf. LXI, Fig. 14). Die Pfähle wurden jedoch bei schweren Stürmen frei gespült und verloren allen Halt. Man schraubte sie daher unter Anwendung gusseiserner Verlängerungsstücke tiefer ein, bis 1869 die ganze Rüstung verloren ging. Von da an legte man Transport- und Krahngleise direct auf die Dammkrone und benutzte einen drehbaren Dampfkrahn, dessen horizontaler Arm 12^{m} Ausladung besass und durch den am anderen Ende stehenden Kessel abbalancirt wurde.

Ohne jegliche Rüstung wurde auch der Damm von Kurrachee aus 3 übereinander liegenden Blöcken ausgeführt. Ein besonders construirter grosser Laufkrahn mit bedeutender Ausladung lief auf Gleisen, die direct auf der Krone des Dammes immer weiter vorgestreckt wurden. Diese Art der Ausführung ist namentlich dann zweckmässig, wenn der Damm bis obenhin aus Blöcken construirt wird. Dies ist allerdings im Allgemeinen nicht besonders zu empfehlen, da man in vielen Fällen über Wasser besser mauern oder im Ganzen betoniren kann. Es können jedoch mit derartigen Krahnen nur kleine Blöcke versetzt werden, da die Rüstungen und Krahne sonst zu schwerfällig werden müssten.

§ 14. Construction und Ausführung der Ufermauern. Es ist nicht die Absicht hier theoretische Untersuchungen über die beste Construction der Ufermauern anzustellen. In dieser Hinsicht darf auf die Arbeiten von Culmann, Mohr, Schwedler, Schäffer, Intze u. A., sowie speciell auf die in Bd. II dies. Handbuchs gegebene Abhandlung von Haeseler hingewiesen werden. Hervorzuheben bleibt jedoch, dass die richtige Anwendung dieser Theorien in der Praxis ausserordentlich schwierig ist, weil es selten gelingen wird aus den örtlichen Verhältnissen diejenigen Annahmen mit Sicherheit abzuleiten, welche für das Resultat der theoretischen Berechnung in erster Linie von Wichtigkeit sind, nämlich die Annahmen über die Grösse und den Angriffspunkt des resultirenden Erddrucks.

So einfach sich diese Annahmen bei Mauern machen lassen, die entweder blossem Wasserdruck oder dem Druck trockner Erdhinterfüllung ausgesetzt sind, so wenig ist nach bisherigen Erfahrungen anzugeben, in welchem Grade eine theilweise mit Wasser durchzogene Hinterfüllung auf die Mauer drückt und noch weniger, in welchem Maasse die Hinterfüllung überhaupt mit Wasser durchzogen sein wird, falls andauernde Hochwasser eine genügende Entwässerung des Terrains zeitweise ver-

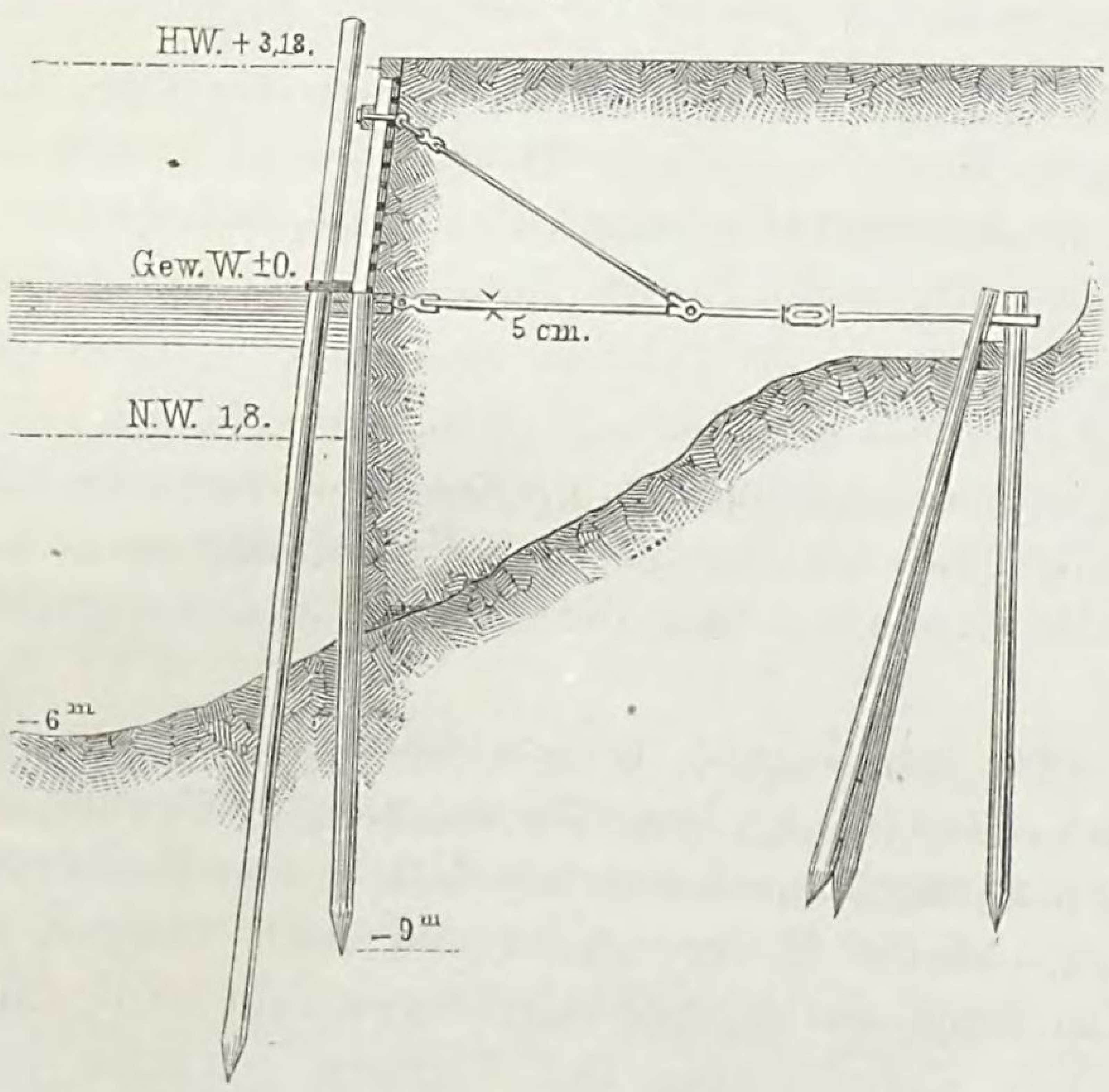
hindern. Es hängt wiederum von der Beschaffenheit des hinterfüllten Bodens ab, ob man den unter dem niedrigsten Wasser liegenden Theil der Mauer als vollständig von Wasser umhüllt und eingetaucht ansehen, also eine Gewichtsverringerung desselben annehmen muss oder nicht u. s. w.

Ebenso schwierig ist die Frage zu beantworten, ob es zulässig ist für das Mauerwerk eine gewisse Zugfestigkeit — etwa 1ᵏ pro □ᶜᵐ — in Anrechnung zu bringen. Sieht man von jeder Zugfestigkeit ab, so kann man nach Schwedler das Profil der Mauer hinten unterschneiden. Zieht man sie in Rechnung, so empfiehlt es sich nach Intze die untere Mauer zu erbreitern, um eine möglichst grosse Erdlast nutzbar zu machen. Bei der von Jahr zu Jahr zunehmenden Güte unserer deutschen Cemente, von denen jetzt z. B. nach 7 Tagen eine Zugfestigkeit von etwa 50ᵏ pro □ᶜᵐ verlangt werden kann, und die einen Mörtel liefern, welcher bei einer Mischung des Cementes mit drei Theilen Sand nach etwa 4 Wochen 10 bis 15ᵏ Zugfestigkeit besitzt, unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass gut ausgeführtes Mauerwerk auch auf Zug beansprucht werden kann, und dass eine Zugspannung von 1ᵏ pro □ᶜᵐ etwa 10 bis 15fache Sicherheit gewähren würde.

Es ist aber auch ausserordentlich schwer gutes Mauerwerk in Cementmörtel herzustellen, namentlich wenn die Mauern ohne Gerüste aufgeführt werden, und der ganze Materialientransport auf dem frischen Mauerwerk stattfindet, so dass der kaum abgebundene Mörtel wieder berührt wird. In solchen Fällen kann sicher angenommen werden, dass eine Anzahl von durchgehenden Lagerfugen bei einer Beanspruchung des Mauerwerks auf Zug keinen Widerstand leisten würde. Es steht also auch die zulässige Inanspruchnahme der Mörtelfuge nicht fest.

Will man nun in allen diesen Fällen ganz sicher gehen und immer die ungünstigsten Annahmen in Rechnung stellen, so erhält man ein übermässig starkes Mauerprofil und findet, dass thatsächlich viele zur Ausführung gekommene Mauern erheblich schwächer construirt sind und dennoch stehen. Wenn also eine vorherige möglichst genaue theoretische Berechnung — am besten auf graphischem Wege — niemals versäumt werden soll, so wird doch erst der Vergleich des berechneten Profils mit einer grossen Zahl von Mauern, welche unter ähnlichen Verhältnissen bereits zur Ausführung gekommen sind, die Ueberzeugung von der Zweckmässigkeit der Construction geben können.

Fig. 34.



Es soll im Nachstehenden von den hölzernen Ufereinfassungen nicht eingehend die Rede sein, obgleich solche allerdings wegen mangelnder Geldmittel hin und wieder an Stelle eigentlicher Kaimauern ausgeführt werden, aber wegen ihrer geringen Festigkeit und Dauer immerhin nur als Nothbehelf anzusehen sind. Es möge genügen in nebenstehender Skizze Fig. 34 ein solches Bohlwerk darzustellen,

wie es provisorisch am Kieler Hafen ausgeführt ist und sich gut bewährt hat. Die Wassertiefe vor demselben beträgt 6^m, ist also für Bohlwerksanlagen sehr bedeutend. An solchen Stellen, wo der Baugrund aus Sand und Thon bestand, machte die Hinterfüllung keine Schwierigkeit. Bei weichem, zum Theil schlammigen Boden wurde dieselbe bis zum Niedrigwasser aus Faschinen hergestellt. Als Beispiele anderer gut construirter Bohlwerke mögen die im Harburger und Hamburger Hafen ausgeführten und in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. VI, Bl. 162 bezw. in der Zeitschr. für Bauw. Bd. XVIII, Bl. II mitgetheilten Constructionen dienen.

Wesentlich solidere Ufereinfassungen sind in den Victoria-Docks zu London[9]) aus eisernen Pfählen construirt, zwischen welche oberhalb des Niedrigwassers senkrecht stehende Kappen aus Ziegelmauerwerk gespannt sind, die durch eine schwache Hinterfüllung von Beton verstärkt werden. Vergl. Cap. XVI, § 12, S. 913.

Solche Constructionen finden vorzugsweise und mit grossem Nutzen bei Privatunternehmungen Verwendung, welche direct rentabel sein sollen. Häfen, die vom Staate angelegt werden, pflegen dagegen wirkliche Ufermauern zu erhalten, deren Anlage zwar sehr theuer ist, die aber später wenig Unterhaltung erfordern.

Für die Construction der Kaimauern lassen sich zunächst folgende allgemeine Regeln aufstellen:

1) Die Höhe der Mauern über Mittelwasser hängt ab von der vorhandenen Terrainhöhe, von den verschiedenen Wasserständen und der durchschnittlichen Grösse der den Hafen besuchenden Schiffe. Bei grossen Fahrzeugen liegt das Deck etwa 3 bis $4^m,5$ über Wasser. Die Terrainhöhe fällt mit der Mauerhöhe zusammen, oder ist der Entwässerung wegen um Etwas grösser. Wenn sie noch frei gewählt werden kann, so ist die Krone der Mauer zunächst über den höchsten vorkommenden Wasserstand und etwa $2^m,5$ bis $3^m,5$ über den gewöhnlichen mittleren Wasserspiegel zu legen.

In den Vorhäfen muss die Krone je nach dem herrschenden Seegange mindestens $0^m,5$ bis 1^m über dem höchsten Wasser liegen und ist in der Regel keine Rücksicht auf das Anlegen der Schiffe zu nehmen.

2) Die Kronenbreite der Kaimauern ist nicht unter 1 bis $1^m,5$ zu wählen, damit die Mauer dem Anprall eines grösseren Seeschiffes widerstehen kann. Die Mauer ist mit $0^m,3$ bis $0^m,4$ starken Platten — am besten aus Granit — abzudecken.

3) Bei der Wahl der vorderen Dossirung gilt es zwei direct entgegen gesetzte Interessen zu vermitteln. Die Böschung muss aus Rücksichten auf Stabilität und Materialersparung nach unten hin stark, und ausserdem zur gleichmässigen Inanspruchnahme des Materials gekrümmt sein. Dem steht entgegen, dass bei flacher Böschung das äussere Material rascher verwittert und ein bequemes Anlegen der Schiffe nicht möglich ist, da namentlich bei Dampfern die grösste Breite der Fahrzeuge unter Wasser liegt. Aus letzterem Grunde ist es daher angenehm, wenn die Mauer so steil wie möglich ist. Man kann zwar den meistens übertriebenen Ansprüchen der Seeleute durch horizontale Gurtungen, welche vor der Mauer angebracht sind und als Reibhölzer dienen, nachkommen, doch ist diese in Fig. 8, Taf. LXI dargestellte Construction theuer und nur bei constantem Wasserstande angebracht, da kleinere Schiffe bei Niedrigwasser unter die Gurtung gerathen würden. Der gebräuchlichste Anlauf der Mauern ist 1:12, doch erscheint auch 1:8 noch zulässig.

4) Die Tiefe der Fundirung hängt ab von der Beschaffenheit des Baugrundes und der voraussichtlichen Einwirkung der Wellenbewegung und Strömung

[9]) Hafenkajungen der Victoria-Docks, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. V.

auf die Hafensohle, ist daher bei den einzelnen Constructionen verschieden und muss in jedem Falle besonders bestimmt werden.

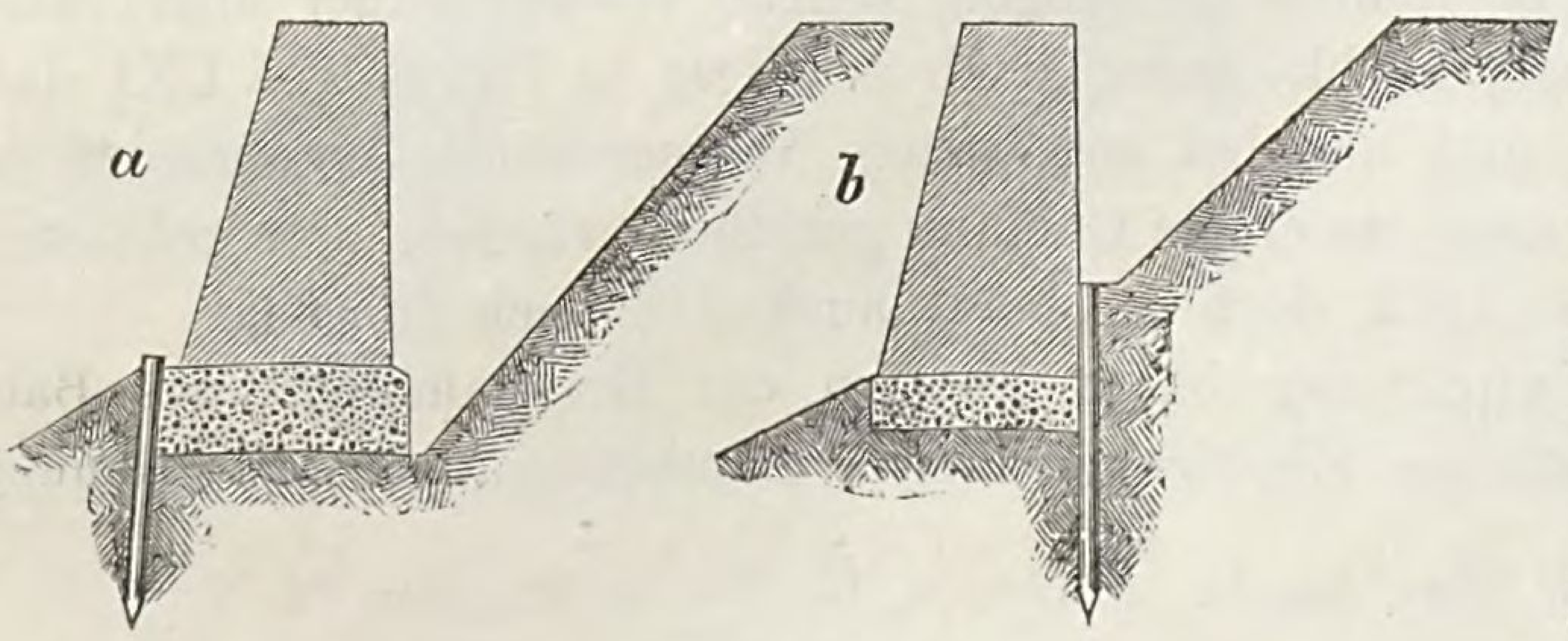
Bei der Construction der Ufermauern handelt es sich ferner darum, ob die Ausführung im Trocknen oder unter Wasser erfolgen soll. Wenn man die Wahl hat, so ist die Ausführung im Trocknen vorzuziehen, da sie billiger, rascher und sicherer bewirkt werden kann, als die unter Wasser. Es wird sich also in solchem Falle darum handeln, ob es möglich ist die anzulegenden Hafenbassins aus dem Ufer auszuheben oder sie durch Umschliessung einer Wasserfläche mit Mauern zu bilden, was zum Theil von der Beschaffenheit des Bodens abhängt. Wenn dieser leicht zu bearbeiten ist und nicht erheblich höher liegt, als die demnächstige Krone der Kaimauern, so wird es, wie gesagt, wohl immer billiger sein, die Baugruben der Mauern sowie die Bassins auszuheben und die ersteren im Schutze eines natürlichen Fangedammes entweder ganz oder theilweise im Trocknen zu erbauen, als sie im freien Wasser von festen oder schwimmenden Rüstungen aus aufzuführen, wobei die Arbeit jederzeit von Wind und Wetter abhängig und das unfertige Bauwerk allen Beschädigungen durch Sturm und Wellen ausgesetzt ist.

Es soll daher zunächst die Ausführung der Mauern im Trocknen besprochen werden und zwar

1) auf gutem Baugrunde.

Die Herstellung hat in diesem Falle immer durch directe Mauerung zu erfolgen. Ist der Boden quellig, so empfiehlt es sich zunächst eine dünne Steinschüttung herzustellen, über welcher dann sofort regelrecht gemauert werden kann. Bei grösserem Wasserandrang und unsicherem Pumpenbetrieb thut man gut eine stärkere Lage von Beton zur Ausgleichung zu verwenden, um damit unter allen Umständen aufs Trockne zu kommen, da Mauerarbeiten nie schlechter ausgeführt werden, als wenn die Mauern im Wasser stehen. Alle Quellen werden schon in der Sohle gefasst, am bequemsten durch Röhren oder durch Säcke, welche mit flüssigem Beton etwa halb gefüllt sind, so dass sie jede Form annehmen und zwischen sich keine Fugen lassen. Der so gebildete Canal wird auf dem kürzesten Wege nach der Vorderseite der Mauer geleitet, damit er frei in das Bassin ablaufen kann, ohne jedoch den Boden vor der Mauer auszuwaschen. Eine Unterspülung der Mauersohle durch Quellen, welche aus dem hinter der Mauer gelegenen Terrain kommen, muss durch eine Spundwand, welche vor oder hinter der Mauer steht, verhindert werden, s. nachstehende Fig. 35. Die letztere Stellung *(b)* ist besser, wenn die Wassertiefe im Bassin so gross ist, dass ein Angriff der Wellen auf den Fuss der Mauer nicht möglich ist, also in allen geschlossenen Häfen; denn da man die Spundwand an der Hinterseite höher stehen lassen kann, als an der Vorderseite, so erreicht man dadurch den doppelten Gewinn, die Aushebungs- und Hinterfüllungskosten zu vermindern, und den Erddruck zu verringern, da im unteren Theile der gewachsene Boden erhalten bleibt. Andererseits könnte es vielleicht vortheilhaft erscheinen, dass der Fuss der Mauer sich gegen die Spundwand stützt (s. Fig. 35 *a*). Bei tragfähigem Boden ist dies jedoch nicht nöthig, bei quel-

Fig. 35.



ligem und nicht tragfähigem Boden aber nicht wirksam, indem die Wand ausweicht und zwar im ersten Fall nur soviel, dass das Wasser zwischen dem Mauerwerk und der Spundwand aufsteigen und abfliessen kann, im zweiten vollständig, so dass eine eigentliche Stütze des Mauerfusses nicht vorhanden ist.

Alle aus der hinteren Erdböschung etwa hervortretenden Quellen müssen, wenn die Aufmauerung bis zur Höhe der Quellenmündung gelangt ist, quer durch die Mauer geleitet werden, da es die erste Bedingung zur Vergrösserung der Stabilität sein muss, die Hinterfüllung der Mauer so trocken zu halten wie möglich. Wenn also eine Entwässerung des Terrains nach der Landseite hin durch entsprechende Entwässerungs-Anlagen nicht vorgesehen wird, so muss die Mauer am besten etwas unter dem gewöhnlichen Wasserstande mit den nöthigen Drainröhren versehen werden. Eine schädliche Einwirkung dieser Röhren bei höheren Wasserständen durch Einlassen des Wassers in die Hinterfüllung könnte eventuell durch selbstthätige Klappen vor den Röhren beseitigt werden, ist aber nicht zu befürchten. So lange die Hinterfüllung noch nicht festgelagert ist, steigt mit dem äusseren Wasser auch das Wasser hinter der Mauer ziemlich rasch, namentlich in grobem Sand. Später dringt jedoch wenig Wasser in den Boden ein, so dass z. B. bei den Mauern des Kieler Kriegshafens die nach 14tägigen höheren Wasserständen plötzlich frei gewordenen Röhren zum Theil gar nicht, zum Theil ganz wenig Wasser abführten, obgleich die Hinterfüllung aus Sand besteht und die Röhren durch Steinschlag vor Versandung geschützt sind. Ein Versinken des Wassers hinter der Mauer in verticaler Richtung konnte hierbei keineswegs angenommen werden.

Die Sohle der Mauer darf nicht erheblich über der Sohle des Hafens liegen, denn es würde unzulässig sein vor der Mauer eine steile Erdböschung herzustellen, da die Vorderkante der Mauer den stärksten Druck ausübt und daher stets durch einen vortretenden Fuss aus festem Material besonders gesichert werden muss. Andererseits ist eine flache Dossirung nicht möglich, weil die Schiffe nicht würden anlegen können.

Die Nothwendigkeit, mit dem Fundament so tief hinunter zu gehen, ist wegen der grossen daraus entstehenden Kosten unstreitig ein grosser Nachtheil der ganz von unten aufgemauerten Kais, und man sollte in solchen Gewässern, in welchen das Holz vom Bohrwurm nicht angegriffen wird, auch bei tragfähigem Baugrunde jedesmal in Erwägung ziehen, ob es nicht vortheilhafter wäre anstatt des unteren Theils der Mauer einen durch zahlreiche Schrägpfähle gehörig abgesteiften Pfahlrost herzustellen, dessen Pfähle etwa 3^m unter die Sohle des Bassins reichen müssten. Die Spundwand würde hierbei an der hinteren Seite des Rostes liegen und die entstehende hohe Erdböschung eventuell gegen den Angriff der Wellen resp. der Strömung durch Bedeckung zu schützen sein. Eine derartige für nicht tragfähigen Boden ausgeführte Construction ist in Fig. 6, Taf. LXI dargestellt und wird später noch näher besprochen werden.

Wenn man nun zur Bestimmung des Mauerquerschnitts übergeht, so wird man zunächst sich entscheiden müssen, ob es vortheilhafter ist

1. ein möglichst kleines Profil aus möglichst gutem Material oder
2. ein grösseres Profil aus theilweise billigerem Material oder
3. ein durch hohle Räume aufgelöstes und noch mehr vergrössertes Profil zu wählen.

Die erste Construction, Fig. 1, Taf. LXI, ist im Hafen von Hull zur An-

wendung gekommen. Sie hat den Vortheil der bequemsten und sichersten Ausführung und vermöge ihres besseren und homogenen Materials auch den der billigsten Unterhaltung und der grössten Dauerhaftigkeit. Bei stark wechselnden Wasserständen und heftigem Wellenschlage ist sie besonders zu empfehlen.

Der Vortheil der zweiten Construction, die in Fig. 2, 3 und 5 dargestellt ist, besteht in der Vergrösserung der Stabilität durch die Vermehrung der Masse.[10]) Man kann zu dem Zwecke entweder wie in Kiel etwa quadratische niedrige Kastenmauern, die mit Sparbeton oder theilweise auch nur mit Kies gefüllt, dann aber übermauert wurden, oder wie in Geestemünde schachtartige fast in ganzer Mauerhöhe durchgehende Räume bilden, oder wie in Portsmouth nur den vorderen Theil aus Ziegelmauerwerk, den hinteren aus Beton herstellen, durch welchen jedoch in bestimmten Höhen Schichten aus Ziegelmauerwerk gleichsam binderartig hindurch greifen.

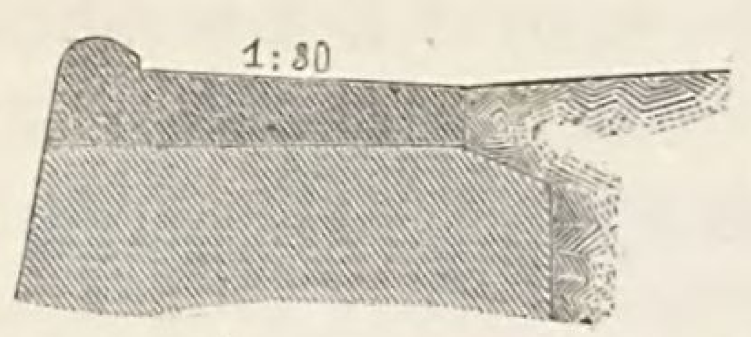
Die dritte Construction kann zunächst wie in Fig. 4 so ausgeführt werden, dass man in der Längenrichtung der Mauer einzelne Pfeiler aufführt, die nach oben und nach der Landseite zu durch Gewölbe verbunden werden, auf bezw. gegen welche die Erde drückt. Wenn eine Materialersparung auch nicht erreicht wird, so wird doch die auf den oberen Gewölben ruhende Erdlast sehr vortheilhaft für die Stabilität ausgenutzt. Die Construction ist jedoch nur auf sehr festem, womöglich felsigem Baugrunde zu empfehlen, da der Druck an den Vorderkanten der Pfeiler so stark wird, dass die Stabilität andernfalls sehr gefährdet erscheint. Zweckmässiger ist es daher hohle Räume durch gleichmässige Vergrösserung der unteren Mauerbreite wie bei Fig. 7 zu schaffen, da ein Kippen der Mauer am leichtesten durch zu starke Belastung des Baugrundes eintritt. In dem vorliegenden Falle einer Kaimauer bei Rotterdam ist die Verbreiterung der Mauer in Folge schlechten Baugrundes eine besonders grosse und bei festem Boden unnöthige, doch ist das Princip immer empfehlenswerth, sobald auf die Mauer ein ziemlich gleichmässiger ruhiger Druck wirkt. Bei starkem Fluthwechsel und heftigem Seegange sind Aussparungen in den Mauern, auch wenn sie mit Füllmaterial versehen sind, nicht am Platze, da den plötzlichen Erschütternngen nur ein homogener Körper gehörig widersteht. Es sind daher auch die in der Ausführung schwierigen und beim ungleichmässigen Setzen des Baugrundes leicht der Zerstörung ausgesetzten Gewölbeconstructionen im Allgemeinen weniger zu empfehlen, als die beiden ersten Constructionsarten.

Hinsichtlich der Ausführung derartiger Mauern ist noch zu erwähnen, dass die Sohle der Mauer-Baugrube nicht den tiefsten Punkt der gesammten Hafen-Baugrube bilden darf, weil an dem tiefsten Punkte auch die stärkste Quellung stattfindet. Wenn es also auch zweckmässig sein sollte das Hafenbassin später auszuheben, als die Mauergruben, um den Wasserzudrang bei Ausführung der Mauern zu verringern, so muss doch der vor den Mauern liegende Theil des Bassins gleich in ganzer Tiefe und mindestens 15 bis 20^{m} Breite mit hergestellt werden, damit hier alle Quellen zu Tage treten, ohne dass die Böschung vor dem Mauerfuss ausgespült wird.

Die Schichten sollen mindestens in der vorderen Mauerhälfte normal zur Vorderfläche laufen, ebenso die Deckplatte, deren Oberfläche ein Gefälle nach rückwärts von 1:20 bis 1:30 erhält. Ein Wulst (siehe nachstehende Fig. 36, S. 1057) an der Aussenkante der Platte ist zwar gegen Ausgleiten sehr angenehm, aber unverhältnissmässig theuer.

[10]) Vergl. Band I dieses Handbuches, Cap. V.

Fig. 36.



Bei Verwendung von Cementmörtel soll das Steinmaterial vollständig mit Wasser getränkt sein, muss also möglichst wenig Wasser ansaugen. Eine Mörtelmischung von 1 Cement auf 3 Theile Sand genügt. Trassmörtel ist weniger empfindlich, aber auch, wenn die Festigkeit eines mässigen Cementmörtels erreicht werden soll, an den meisten Orten theurer als jener.

Soll eine Mauer zwar im Trocknen, aber auf schlechtem Baugrunde ausgeführt werden, so wird sie am besten auf einen Pfahlrost gestellt, wie z. B. in Portsmouth, Geestemünde, Rotterdam u. s. w. Namentlich letzteres Beispiel ist in dieser Hinsicht von grossem Interesse, da der Boden hier aussergewöhnlich schlecht war. Es ist daher auch unter dem Rost noch ein starkes Buschbett angebracht, durch Verbreiterung des Rostes nach hinten eine Ausnutzung der Erdlast erstrebt und die Mauer sogar an besonderen Ankerpfählen verankert.

Bei allen Pfahlrostfundirungen wird durch die Richtung, welche die Resultirende aus Erddruck und Mauergewicht an der Berührungsstelle zwischen Mauer und Rost besitzt, diejenige Neigung bezeichnet, welche den Schrägpfählen zu geben ist, wenn sie eine Verschiebung der ganzen Fundirung, welche wegen Nichtbeachtung dieser Regel oft vorkommt, verhindern sollen. Diese Neigung wird fast immer noch zu gering angenommen, da es sehr schwierig ist die Pfähle so schräge zu rammen, doch kann es nicht genug empfohlen werden hierauf die grösste Sorgfalt zu verwenden.

In Fig. 7 (Rotterdam II) sind die Schrägpfähle durch horizontale Verbindungen und durch eine vor Ausführung der Rammarbeiten hergestellte, $3^m,5$ starke, sehr kostspielige Sandschüttung ersetzt. Eine Längsspundwand von nur 8^{cm} Stärke steht mitten unter der Mauer, Querwände sollen die Wirkung der Strömung auf die unter dem Rost liegenden Uferböschungen, die übrigens noch durch dünne Steindecken geschützt sind, aufheben. Die Aufgabe, eine möglichst geringe Belastnng des nicht tragfähigen Baugrundes herbeizuführen, ist hier unstreitig erreicht. Eine wesentlich grössere Sicherheit gegen das Kippen dieser im Allgemeinen wegen der hohen Schwerpunktslage wenig stabilen Construction würde durch Schrägpfähle zu erreichen gewesen sein, die sich bei der Breite des Rostes besonders leicht hätten anbringen lassen. Dieselben dürften in solchem Falle selbstverständlich nicht durch die Sandschüttung hindurch gerammt werden, da sie andernfalls leicht in den darunter liegenden Schlamm hineingedrückt werden würden.

Es ist nunmehr die Ausführung der Mauern unter Wasser zu besprechen. Auch hier ist die Construction in erster Linie von dem Baugrunde abhängig.

Bei tragfähigem Boden ist stets eine Fundirung auf Beton zu empfehlen, sei es nun dass man denselben in flüssigem Zustand zwischen festen Wänden, oder in Form von künstlichen Blöcken erhärtet versenkt. Die erste Art der Construction ist in Wilhelmshafen zur Anwendung gekommen (Fig. 8, Taf. LXI). Die Ausführung geschah dort allerdings nur zum geringen Theil unter Wasser, da der Spiegel bedeutend gesenkt war, aber es würden die Spundwände erforderlichenfalls auch bis zum gewöhnlichen Niedrigwasser hinaufgeführt werden können. Die Construction hat grosse Vortheile, da sie verhältnissmässig billig und rasch ausführbar ist. Wenn jedoch sehr niedrige Wasserstände eintreten, ist das Aussehen kein schönes, da die vordere Spundwand sichtbar wird. Auch ist die Oberkante dieser Wand dem Anlegen der Schiffe leicht hinderlich, wenn man aus Stabilitätsrücksichten die auf dem Beton ruhende Mauer etwas zurückrückt, was nur zu empfehlen ist.

Hierher gehören auch die Mauerconstructionen, welche, wie im § 12 erwähnt wurde, im adriatischen Meer vielfach ausgeführt wurden, und aus einer Betonschüttung zwischen beweglichen Wänden, die später entfernt wurden, bestanden, ebenso die in Greenock hergestellten Betonmauern mit vorderer Bekleidung aus Granitplatten zwischen eisernen Pfählen.

Wenn die Herstellung von Spundwänden aus irgend welchen Gründen unzulässig oder unzweckmässig erscheint — namentlich also bei felsigem Baugrund, an Ufern, die oft starkem Seegang ausgesetzt sind, oder wenn der Bohrwurm stark auftritt, — so kann man die Mauern in ähnlicher Weise, wie die Hafendämme aus grossen Blöcken von Mauerwerk oder Beton herstellen, die bis über den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand reichen und von hier ab regelrecht übermauert werden. Die Blöcke ruhen immer auf einer Steinschüttung, welche je nach der Tragfähigkeit des Bodens bloss zur Ausgleichung der Unebenheiten des Baugrundes oder zur Erbreiterung des Fundamentes und besseren Vertheilung der Belastung bestimmt ist. In dieser Weise sind die Kaimauern von Marseille, Triest, Brest u. s. w. ausgeführt. Von letzteren giebt Fig. 9 eine Darstellung. Es wurde zunächst auf 8 bis 9^m unter Niedrigwasser aller loser Boden fortgebaggert und dadurch meistens der gewachsene Felsboden erreicht. Dann füllte man die Rinne bis etwa $4^m,5$ unter Niedrigwasser mit Steinbrocken aus, die durch Taucher regelrecht abgeglichen und geböscht wurden. Auf diese Schüttung wurden nun 2 Lagen künstlicher gemauerter Blöcke versetzt, welche jedoch die aussergewöhnliche Grösse von 42 bis 45 kb^m besassen, nämlich 3^m Höhe, 3^m Breite und 4,7 resp. 5^m Länge. Die Anfertigung und der Transport dieser Blöcke ist im § 13 besprochen. Die Oberfläche der zweiten Schicht bildete somit eine $1^m,5$ über Niedrigwasser liegende Basis für die in gewöhnlicher Weise bewirkte weitere Aufmauerung. Bemerkenswerth ist jedoch, dass die $0^m,7$ starke Verblendung erst nach längerer Zeit, als alle Senkungen vorbei waren, ausgeführt wurde, zu welchem Zweck das Mauerwerk mit Verzahnung hergestellt war. Die Blöcke stehen möglichst genau lothrecht übereinander ohne Verband, die Fugen zwischen ihnen betragen etwa 5^{cm}.

Man kann die Höhe und Breite der Blöcke beliebig wählen und zwar meistens geringer als hier, immer empfiehlt es sich jedoch die Länge mit der Mauerstärke übereinstimmen zu lassen, also nur Binder und keine Läufer zu verwenden, weil dadurch den einzelnen Mauerstrecken gestattet wird zunächst nach Bedürfniss zu sacken, und weil Läufer, welche an der Rückseite der Mauer ohne Mörtel versetzt sind, wohl als nützliche Belastung aber nicht als nutzbarer Mauerquerschnitt anzusehen sein würden.

Ist der gute Baugrund erst in grösserer Tiefe zu erreichen, eine Wegbaggerung derselben also nicht mehr ausführbar, so kommt es darauf an die Blöcke durch den weichen Boden hindurch bis auf oder besser in den festen Baugrund zu senken. Zu diesem Zweck giebt man ihnen einen brunnenartigen Querschnitt und versenkt sie in der bekannten Weise durch Beseitigung des unter ihnen liegenden Bodens. Die Brunnen können entweder unmittelbar nebeneinander oder pfeilerartig in bestimmten Entfernungen aufgestellt und durch horizontale oder gewölbartige Abdeckung verbunden werden. Die Zwischenräume müssen dann an der Rückseite durch Spundwand (Hamburg) oder durch Steinschüttung (Bordeaux) geschlossen werden, um ein Durchrutschen der Hinterfüllungserde zu verhindern. Der Brunnen mit kreisrundem Querschnitt sinkt am leichtesten, weil sein Umfang und damit die Reibung an seinen Wänden am geringsten ist und weil der Boden bei der Ausbaggerung

ebenfalls von allen Seiten gleichmässig nach der Mitte des Brunnens rutscht. Seine Stabilität gegen Kippen ist dagegen sehr gering, da der Druck auf der Vorderkante zu gross wird. Am besten ist ein rechteckiger Querschnitt mit abgestumpften Ecken.

Die in Hamburg zu Verwendung gekommenen Brunnen (Fig. 11[11]) hatten vollständig rechteckigen Querschnitt, waren in der Längenrichtung der Mauer gemessen $4^{m},5$ breit und rund 6^{m} lang bei $0^{m},9$ Wandstärke. Sie sind etwa 7^{m} hoch aus Ziegeln auf 8^{cm} starkem hölzernen Schling aufgemauert, mit Maschinenbaggern ausgebaggert und ganz mit Beton gefüllt. Der Boden bestand etwa 6^{m} aus Klai und Darg, darunter aus Sand. Der etwa 5^{m} betragende Zwischenraum zwischen den Brunnen ist durch $0^{m},8$ starke Gewölbe überdeckt. Darauf steht die eigentliche Mauer, hinter derselben noch eine zweite schwächere, die in je 3^{m} Abstand durch Quermauern mit der Hauptmauer verbunden ist. Vor der Uebermauerung wurden die Brunnen einer Probebelastung durch mit Wasser gefüllte Behälter unterworfen. Die beiden Längsmauern tragen das Gleis für den beweglichen Dampfkrahn von $2^{m},5$ Spurweite.

In Bordeaux (Fig. 19) wurde das Wasser durch Kreiselpumpen mit Locomobile ausgeschöpft und die Erde im Trocknen ausgehoben. Die Brunnen hatten 5^{m} Breite, der 8^{m} breite Zwischenraum ward überwölbt. Vergl. Cap. XVI, § 9. Die Construction soll sich hier erheblich — etwa um 150 M. pro lauf. Meter Mauer — billiger gestellt haben, als die ebenfalls zur Anwendung gekommene Fundirung auf Pfahlrost, indem der Baugrund bis zu 14^{m} aus Schlamm und weichen Bodenarten bestand, dann aber in groben Kies überging. Die grossen Brunnen erhielten dann 2 bis 3 Förderschächte. Sie wurden nachher etwa 3^{m} hoch mit Beton ausgefüllt, sodann vollgemauert. In solchen Fällen, wo die Blöcke nicht senkrecht sanken, wurden an der einen Seite hydraulische Pressen, an der anderen Seite Gegengewichte angebracht.

Zum Schluss ist noch eine Fundirungsart auf Senkbrunnen aus Beton zu erwähnen, welche im Hafen von Glasgow zur Ausführung gekommen ist. Der Baugrund war in diesem Falle zwar hinreichend tragfähig, auch war der Wasserspiegel etwa 2^{m} tief gesenkt, doch würde die Construction noch mit grösserem Vortheil bei nicht tragfähigem Boden und ohne alles Wasserschöpfen angewandt werden können. Die Krone der in Fig. 10 dargestellten Mauer liegt $2^{m},9$ über Hochwasser, 6^{m} über Niedrigwasser und $12^{m},3$ über der Hafensohle. Der Boden bestand oben aus Thon und Sand, unten aus reinem Sand. Man entschied sich für die Brunnenfundirung, weil bei dem zu erwartenden starken Wasserandrange ein Ausheben des Bodens und eine Fundirung auf Pfahlrost zu theuer geworden sein würde. Die Brunnen wurden, trotzdem der Hafen vor Strömung geschützt liegt, noch $3^{m},3$ unter die Sohle desselben hinabgeführt, wahrscheinlich, weil man am dortigen Hafen mit Mauern, die auf einem Schwellrost fundirt in exponirter Lage nur $3^{m},5$ unter Niedrigwasser hinabgeführt waren, früher schlechte Erfahrungen gemacht hatte.

Man setzte die Brunnen aus einzelnen rund $0^{m},7$ hohen Ringen zusammen, die aus 3 resp. 4 Theilen bestanden und kleeblattartig verbunden waren. Die unterste Ringschicht ruhte auf einem gusseisernen Schling, der aus 6 einzelnen durch Flantschen miteinander verbundenen Stücken genau in der Form der Betonringe hergestellt war. Seine Wandungen bildeten unten eine Schneide und ward der dreieckige Raum mit Cement ausgefüllt. Die einzelnen Stücke der Betonringe wurden durch Cementmörtel verbunden und dann die einzelnen Ringe mittelst eines Lauf-

[11]) Vergl. auch Taf. XVII des ersten Bandes des Handbuchs.

krahns aufeinander gestellt, wobei die unteren Schichten miteinander verdübelt wurden. Erst wenn 8 Ringe aufeinander gestellt waren, begann die Ausbaggerung und Senkung, da letztere wegen des festen Bodens ohne genügende Belastung des Brunnens sehr langsam von statten ging. Die Ausbaggerung erfolgte durch den verbesserten Milroy'schen Excavator. Die grösste Senkung betrug in einem Tage 4^m, die durchschnittliche $0^m,8$. Während des letzten Theils der Senkung musste ein solcher dreitheiliger Brunnen mit 800^T Gusseisen belastet werden um weiter zu sinken.

Der Zwischenraum zwischen je zwei solcher Brunnen wurde durch einen eingerammten Pfahl geschlossen um die Durchsickerung von Sand zu verhindern.

Die Stellung der Brunnen war zum Theil eine solche, dass in der vorderen und hinteren Reihe eine gleiche Anzahl standen. In einigen Strecken dagegen scheint man die dreitheiligen Brunnen nicht abwechselnd herumgedreht sondern stets in gleicher Weise nebeneinander versenkt zu haben, so dass dann die hintere Reihe nur halb so viel Einzelbrunnen enthielt wie die vordere.[12])

§ 15. Schiffsbau-Anstalten. Jeder gute Hafen muss mit den erforderlichen Vorrichtungen zur Ausbesserung der Schiffe versehen sein. Grössere Anlagen zum Neubau werden im Allgemeinen nur an solchen Hafenplätzen errichtet, an denen die Bedingungen zur guten und billigen Ausführung von Schiffsbauten besonders gegeben sind. Da aber die Vorrichtungen zur Ausbesserung auch zum Neubau benutzt werden können und umgekehrt auch die zum Neubau dienenden Anlagen für die Reparatur namentlich kleinerer Fahrzeuge ebenfalls ausreichen, so findet in vielen Häfen eine ausschliessliche Benutzung dieser Anstalten nach nur einer der beiden Bestimmungen nicht statt. Und da es für jede Reparatur-Anstalt wünschenswerth ist durch Ausführung eines Neubaues auch in solchen Zeiten für das ständig zu haltende aber nicht immer gleichmässig beschäftigte Personal dauernde Arbeit zu schaffen, in welchen wie z. B. im Winter weniger Reparaturen vorkommen, so werden auch Anlagen zum Neubau von Schiffen schwerlich in einem Hafen jemals ganz fehlen.

Die Anlagen für den Neubau, Hellinge genannt, sind im Allgemeinen sehr einfach. Ein solcher Helling besteht aus einer geneigten Ebene am Wasser, auf welcher in etwa 1,25 bis $1,^m5$ Entfernung von einander die sogenannten Stapelklötze hinter einander aufgestellt werden. Auf diesen Klötzen ruht direct der Kiel des zu erbauenden Schiffes und zwar in der Regel mit dem Hintersteven dem Wasser zugekehrt. Diese Stellung wird gewählt, weil einmal das Schiff meistens hinten voller gebaut ist als vorn, und daher das Hintertheil früher aufschwimmt, als das Vordertheil es thun würde, und weil andererseits beim Ablauf der runde Vordersteven sich besser vom Helling abhebt, als der rechtwinklig zum Kiel stehende Hintersteven. Schreitet der Bau vorwärts, so wird das Schiff auch seitlich durch Kreuzlager und Steifen unterstützt. Ist endlich die Aussenhaut soweit vollendet, dass das Fahrzeug schwimmen kann, so wird unter demselben ein Ablaufgerüst hergestellt, und das Gewicht des Schiffes durch allmähliches Ankeilen von den Stapelklötzen auf das Ablaufgerüst übertragen. Dasselbe besteht aus zwei auf einander gleitenden Theilen. Der obere Theil, auf welchem das Schiff sodann ruht, der sogenannte Schlitten oder die Wiege, wird durch eine Hemmvorrichtung zunächst noch gehalten; wenn diese plötzlich entfernt wird, gleitet er auf dem unteren Theile ins Wasser hinab.

[12]) Vergl. Th. Stevenson. Construction of harbours und Taf. XVII des ersten Bandes dieses Handbuchs.

Die Längenrichtung der Hellinge soll möglichst von Nord nach Süd laufen, damit hölzerne Schiffe während der Bauzeit an beiden Seiten gleichmässig trocknen können.

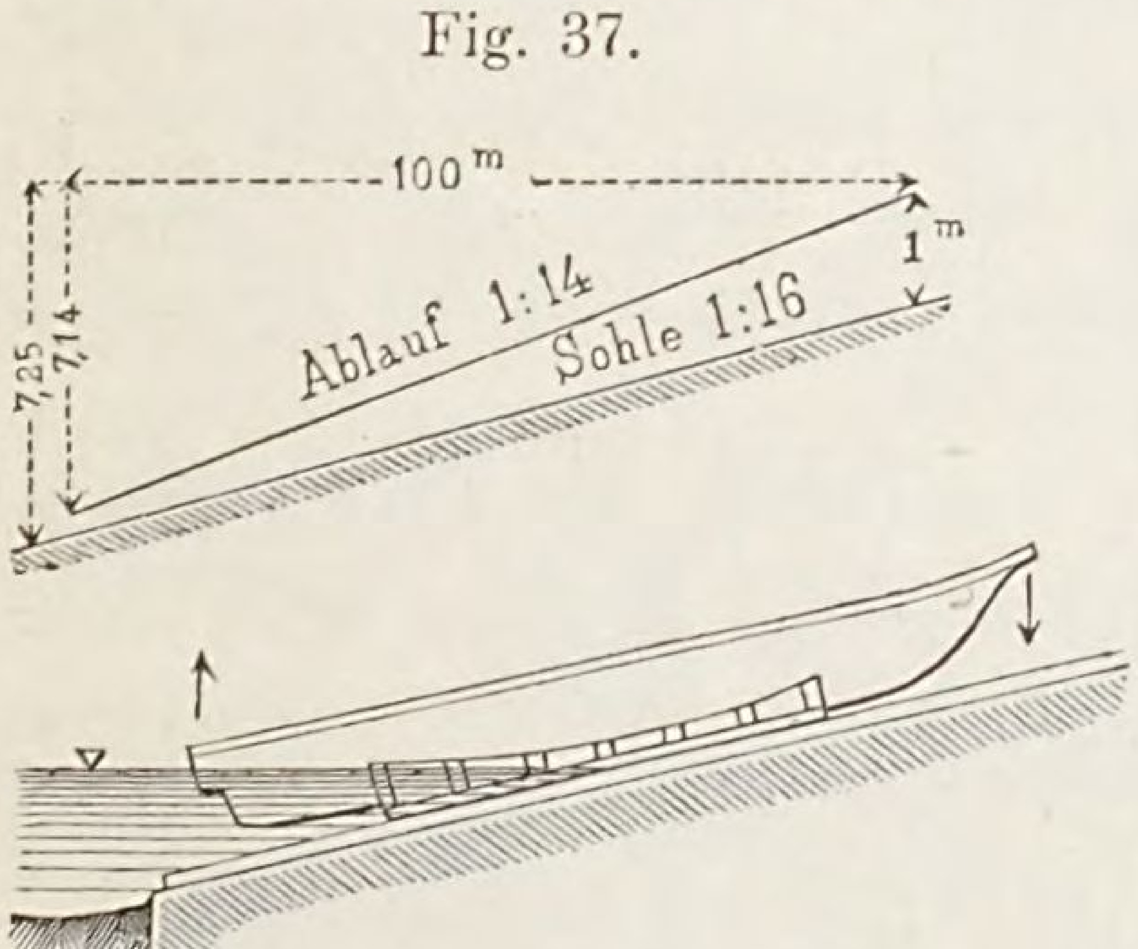
Bei jedem Helling sind zwei Theile zu unterscheiden: der über Wasser liegende Stapelhelling, auf dem gebaut wird, und der Vorhelling, der dem ablaufenden Schiffe als Unterstützung unter Wasser dient.

Der Stapelhelling besteht entweder nur aus eingegrabenen Langschwellen, auf welchen die Stapelklötze ruhen, oder aus einem Pfahlrost, oder schliesslich aus Mauerwerk. Die Breite des Stapelhellings muss etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der grössten Schiffsbreite betragen, damit die Fahrzeuge sowohl beim Bau als auch beim Ablauf genügend unterstützt werden können. Er muss mindestens so lang sein, wie die grössten auf ihm zu erbauenden Schiffe, und zwar wird diese Länge bei Häfen mit Ebbe und Fluth meistens vom Niedrigwasserspiegel aufwärts zu rechnen und demnach der Helling gegen die Fluth durch Thore oder Pontons abzuschliessen sein.

Das Gefälle, welches den Stapelhellingen zu geben ist, ergiebt sich aus folgenden Gesichtspunkten:

Während des Bauens ist eine möglichst horizontale Lage des Schiffes erwünscht, da hierdurch einestheils die Aufstellung der Spanten erleichtert wird, anderntheils die Baumaterialien am oberen Ende des Schiffes weniger hoch gehoben zu werden brauchen. Wenn nun das Schiff unmittelbar auf dem Stapelhelling ruhte, so würde dieser dieselbe Neigung erhalten müssen, wie das ablaufende Schiff oder das dieses tragende Ablaufgerüst. Da jedoch der Kiel des Fahrzeugs etwa 1^m hoch über der Oberfläche des Hellings auf den Stapelklötzen liegt — weil unter dem Schiffe der nöthige Arbeitsraum vorhanden sein muss — so kann man dem Ablaufgerüst einen stärkeren Fall geben, als der Hellingsohle, so dass der Vordersteven des Schiffes, wenn er an den untersten Punkt des Stapelhellings gelangt, nicht mehr 1^m über demselben liegt, sondern nur eben frei geht. Umgekehrt kann also die Hellingsohle um so flacher sein, je höher das Schiff über der Sohle aufgestellt wird und jedenfalls flacher, als die Neigung des Ablaufs. Diese beträgt für kleinere Fahrzeuge etwa 1:8 bis 1:10 und nicht mehr, da die lebendige Kraft des Schiffes den Auftrieb andernfalls überwinden und das vollständige Eintauchen des Hintertheils verursachen würde. Diese Gefahr wächst mit der zunehmenden Masse des Schiffes und erhalten z. B. grosse Kriegsschiffe deshalb höchstens eine Neigung wie 1:12 bis 14. Beispielsweise würde bei einem 100^m langen Fahrzeug, dessen Kiel 1^m hoch über der Sohle läge und dessen Neigung beim Ablauf 1:14 betragen sollte, die Neigung des Hellings 1:16 zu betragen haben (siehe Fig. 37 *a*).

Fig. 37.



Wollte man den Helling noch flacher erbauen, so würde der Kiel des Schiffes beim Bau nicht mehr parallel zur Hellingssohle gestreckt werden können, und es würde die Stapelung nach oben hinauf allmählich höher werden müssen. Da aber hohe Stapelungen kostspielig und unbequem sind, und ohnehin für jeden steileren Ablauf als 1:14 ein höheres Aufklotzen am Vordersteven schon nöthig wird, so pflegt der Stapelhelling nur dann mit 1:16 geneigt zu sein, wenn voraussichtlich die zu erbauenden Schiffe sehr gross sind und ihre Neigung beim Ablauf also etwa 1:14

betragen wird. In den meisten Fällen, namentlich für leichtere Handels-Fahrzeuge ist die Neigung steiler.

Vorhellinge. Die Breite der Vorhellinge stimmt mit derjenigen der Stapelhellinge im Allgemeinen überein. Die Länge soll zwar so gross sein, dass das ablaufende Schiff auf dem Vorhelling bis zu dem Augenblicke geführt wird, wo der Auftrieb das Schiffsgewicht überschreitet, aber diese Forderung wird selten erfüllt. Die Privatwerften begnügen sich damit bei einigermaassen niedrigen Wasserständen das Ablaufgerüst im Trocknen nach Möglichkeit hinunter zu führen oder bei besonders grossen Schiffen ein sogenanntes Mundstück — ein Schwellrost, auf dem die Schmierplanken befestigt sind und der etwa 8 bis 10^{m} lang ist — vor dem Stapelhelling in der erforderlichen Weise zu versenken, und dann das Schiff in möglichst tiefes Wasser springen zu lassen. Und in der That ist eine grosse Wassertiefe am Fusse des Vorhellings mehr erforderlich als übermässige Länge des letzteren. Namentlich bei starker Neigung des Ablaufs kann es nämlich vorkommen, dass ein langes Schiff in dem Moment, wo der Auftrieb das Schiff in die horizontale Lage bringt, mit dem Vordersteven heftig auf den Vorhelling aufstösst und beschädigt wird. Diese Gefahr ist besonders bei breiten Schiffen vorhanden, welche nicht, wie vorhin beschrieben, auf dem Kiel ablaufen, sondern von einer Art Schlitten oder Wiege (siehe Fig. 37 *b*) getragen werden. Ein solcher Schlitten unterstützt das Schiff nur in dem mittleren Theile der Länge, soweit die Breite desselben einigermaassen gleichmässig ist. Nach vorn und hinten zu, wo der Bauch des Schiffes scharf ausläuft, würde die Verlängerung des Schlittens grosse Schwierigkeiten haben. Da also der Kiel nicht bis zum Vordersteven unterstützt ist, so kann ein Aufschlagen des letzteren auf die Hellingssohle stattfinden.

Die Länge des Vorhellings lässt sich dadurch verringern, dass der Stapelhelling zum Theil unter die Oberfläche des Wassers hinuntergerückt wird, wie dies für Häfen mit Ebbe und Fluth bereits oben angegeben wurde. Es muss dann zwischen Vorhelling und Stapelhelling ein Abschluss des letzteren gegen das Wasser hergestellt werden; auch wird ein Schöpfwerk zur Trockenlegung des unteren Stapelhellings erforderlich, doch wird bei beschränktem Bauplatze und zweifelhaftem Baugrunde eine solche auf Taf. LXIII, Fig. 5 bis 9 dargestellte Anlage billiger und vortheilhafter, als die eines ganz offenen und entsprechend längeren Hellings nach Art der auf demselben Blatte in Fig. 1 bis 4 dargestellten Construction.

Am kürzesten wird der Vorhelling, wenn das Schiff, wie es allerdings nur selten (an Canälen und schmalen Flüssen) vorkommt, nicht in der Längenrichtung, sondern quer abläuft und vom Ufer direct in tiefes Wasser springt.

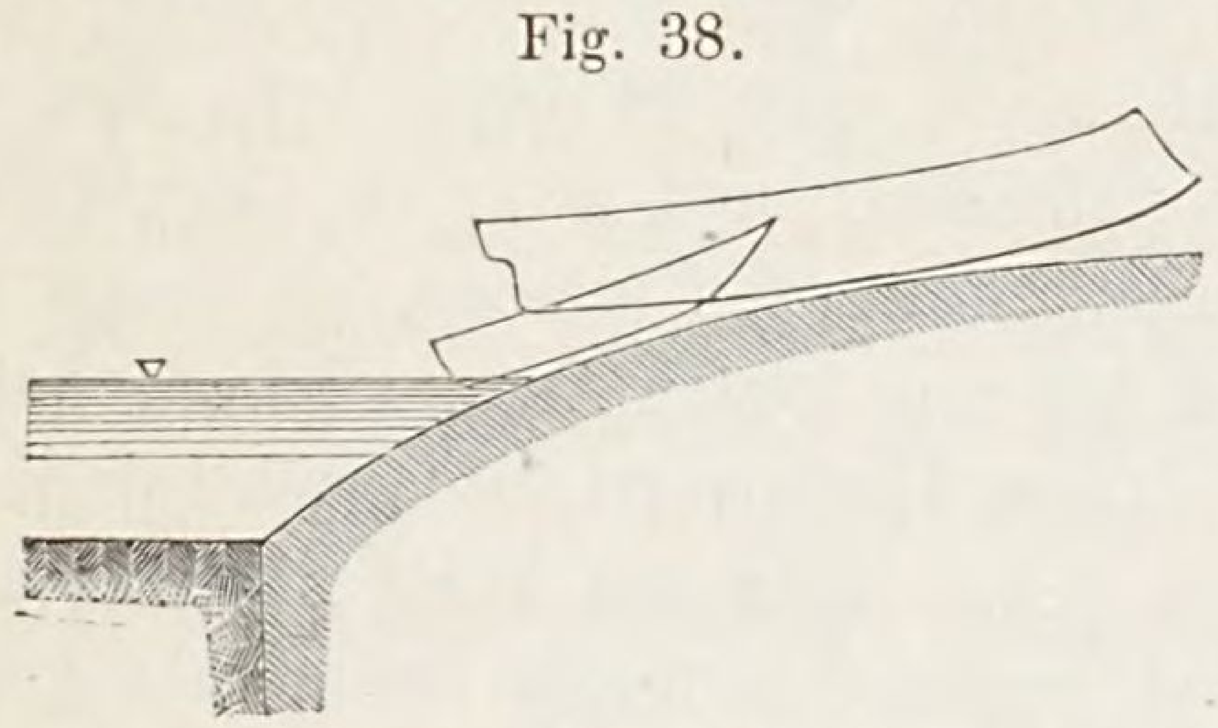
In der Praxis pflegt die Länge der Vorhellinge so bemessen zu werden, dass für gewöhnliche Handelsfahrzeuge der tiefste Punkt etwa 2^{m} unter Wasser liegt. Bei den grössten Kriegsschiffen genügt es, wenn das Maass 5 bis 6^{m} beträgt.

Die Neigung des Vorhellings muss mindestens so gross sein, wie das stärkste Gefälle, welches man grossen Schiffen beim Ablauf giebt, damit die Wassertiefe auf dem Vorhellinge unter allen Umständen ausreicht, namentlich auch dann, wenn bei flacher ablaufenden Schiffen eine nach unten hin zunehmende Aufklotzung unter die auf dem Vorhelling liegenden Schmierplanken gebracht werden muss. Bei einer Neigung des Vorhellings von 1:12 wird es trotzdem noch möglich sein, kleinere Schiffe mit 1:10 laufen zu lassen, da dieselben früher auftreiben werden, als das Schiff die Hellingsohle berührt. Es ist also zwar die Neigung des Vorhellings eine

steilere, als die des Stapelhellings, es muss jedoch stets das die Gleitplanken tragende Ablaufgerüst auf beiden ein und dieselbe gleichmässig durchlaufende Neigung erhalten, da andernfalls das ablaufende Schiff, wenn es den Brechpunkt im Gefälle überschreitet, einmal mit dem Hintertheil, das andere Mal mit dem Vordertheil sich von der Gleitbahn abheben muss und dabei in der ungünstigsten Weise beansprucht wird, die überhaupt vorkommen kann.

Es ist daher wohl empfohlen das Profil von Stapel- und Vorhelling nach einem Kreisbogen zu bilden, so dass der auf der convexen Curve ablaufende Schlitten sich stets gleichmässig auflegt und dabei das Gefälle um so stärker wird, je mehr der Widerstand des Wassers gegen das eintauchende Schiff zunimmt, siehe nachstehende Fig. 38. — Es würde dabei auch das kleinere Schiff mit einem stärkeren Anfangsgefälle ablaufen als das grössere und man könnte den Radius des Kreises so wählen, dass die Neigung etwa von 1:16 am oberen Ende des Stapelhellings bis zu 1:8 am untersten Ende des Vorhellings zunähme. Aber die Schwierigkeit, die Sohle des Vorhellings resp. das auf der Sohle liegende Ablaufgerüst vielleicht unter Wasser genau nach einem Kreisbogen herzustellen ist so ausserordentlich gross, dass man besser thut den Gleitbahnen ein constantes Gefälle zu geben und für jedes vom Stapel laufende Schiff ein seiner Grösse entsprechendes Ablaufgerüst herzustellen. Wenn es nun auch nicht möglich ist alle Schiffe mit ein und demselben Gefälle laufen zu lassen, so empfiehlt es sich doch diesem Ziele nachzustreben, damit ein und dasselbe Ablaufgerüst möglichst oft wieder benutzt werden kann.

Fig. 38.



Construction. Ist der Boden nicht tragfähig genug, um die Kielstapel direct auf ihm aufzustellen, so werden zunächst einfache Langschwellen untergelegt und man hat etwaige Sackungen durch häufige Controle und entsprechende Nachhülfe während der Bauzeit des Schiffes unschädlich zu machen.

Reicht ein derartiger Schwellrost nicht aus, so muss ein Pfahlrost geschlagen werden, dessen Pfähle entsprechend der Belastung beim Bau und beim Ablauf zu vertheilen sind. Ein solcher mit starken Bohlen abgedeckter Rost ist die für den Schiffsbau bequemste Form des Hellings, da sich die Stützen und Lagerhölzer in jedem Punkte der Sohle leicht befestigen lassen.

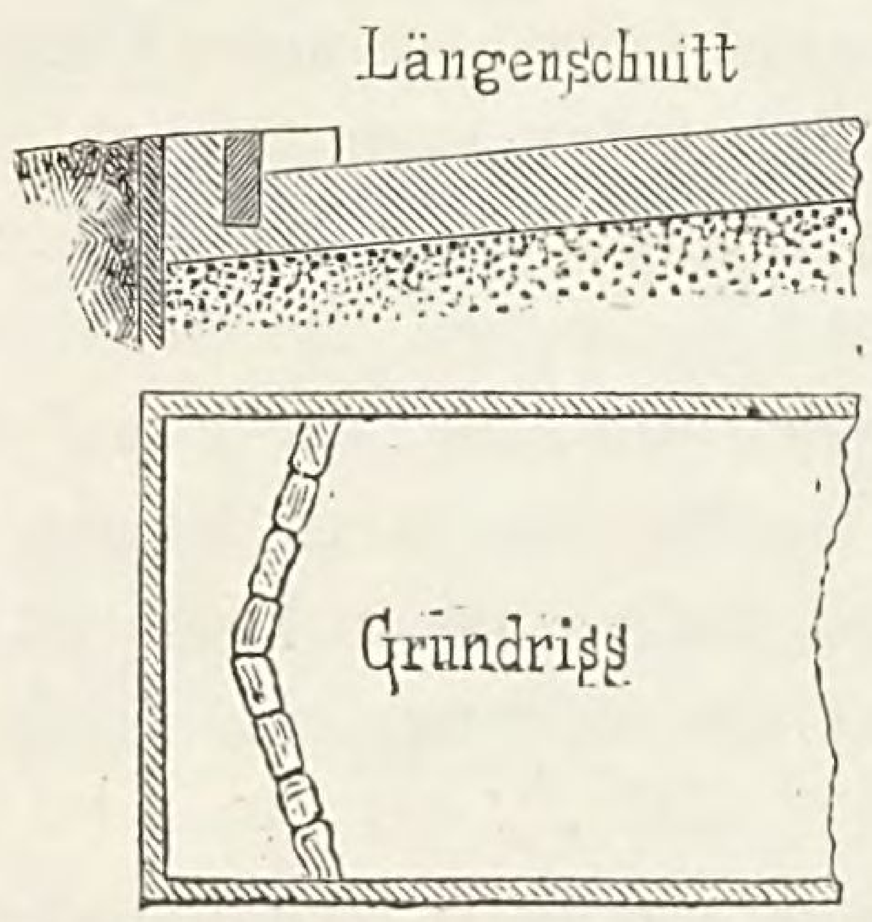
Es ist indess die Dauerhaftigkeit selbstredend nicht gross, und daher besonders an Meeren, in welchen der Bohrwurm herrscht, eine massive Construction der für Schiffe grösster Art bestimmten Hellinge unbedingt geboten. Ob es in solchem Falle zweckmässig ist eine Steinschüttung mit Uebermauerung, Beton, oder Mauerwerk auf Pfahlrost zu wählen, ob es sich empfiehlt zur Kostenverminderung im Mauerwerk hohle Räume mit Kiesfüllung anzulegen (Fig. 1 bis 4) oder die Hellingsohle brückenartig zu wölben (Fig. 5 bis 9), das müssen immer die Localverhältnisse, namentlich Bodenbeschaffenheit und Materialpreise entscheiden. Ein Umstand, der weniger in die Augen fällt, jedoch ebenfalls von grösster Bedeutung sein wird, ist die Möglichkeit im grossen Maasstabe mit Tauchern zu arbeiten. Während es beispielsweise geschickten Tauchern in dem klaren warmen Wasser des Mittelmeeres möglich ist eine Betonsohle auf Steinschüttung bei 5^m Wassertiefe vollständig zu ebnen, würde

eine solche Arbeit in den trüben kalten Fluthen des Jade-Busens oder der Nordsee unausführbar sein.

Bei massiven Hellingen muss die Sohle des Stapelhellings in etwa 1,5 bis 2^m Abstand mit Einschnitten versehen sein, in welche Querschwellen fest eingelegt werden, auf denen die Stapelklötze befestigt werden können (siehe Fig. 5).

Wird der Stapelhelling zum Theil in das Terrain eingeschnitten, so werden die Seitenmauern unten in Stufen abgetreppt, gegen welche das Schiff beim Bau und später das Ablaufgerüst abgespreizt werden können (Fig. 7). Letzteres ist auf dem Stapelhelling leicht zu verlegen. Bei dem Vorhelling jedoch muss die Arbeit entweder ganz von Tauchern ausgeführt werden oder — und das ist die Regel — man construirt aus Quer- und Langschwellen ein Floss, befestigt auf diesem die Gleitplanken in der erforderlichen Neigung und versenkt dann das Floss an Führungsketten. — Damit das Floss auf der Sohle des Vorhellings nicht rutscht, wird am tiefsten Punkte desselben ein Drempel aufgemauert (siehe nachstehende Fig. 39). Der Drempel bildet im Grundriss eine einspringende Ecke, in welchen sich das mit entsprechender Spitze construirte Floss hineinlegt und dadurch zugleich richtig geführt und gestützt wird. Hinsichtlich der Construction ist schliesslich noch zu bemerken, dass auf der Sohle der Stapelhellinge und zwar am oberen Ende feste Punkte geschaffen werden müssen, an denen das ablaufende Schiff bis zum letzten Augenblicke gehalten werden muss. — Diese Hemmvorrichtung wird dadurch gebildet, dass an jeder Seite des Schiffes ein starker Balken als Hebel gegen den festen Drehpunkt gelegt wird, so dass der kurze Arm in den Schlitten hineingreift, während der lange durch starke Taue gehalten wird. Sobald diese gekappt sind, wird auch der Balken seitwärts aus dem Schlitten herausgezogen und dadurch jedes Hinderniss beseitigt.

Fig. 39.



Ist die Wasserfläche, in welcher der Helling liegt, nicht breit genug um das Schiff so weit laufen lassen zu können, dass der Widerstand des Wassers und der auszuwerfende Anker es zum Stillstand bringen, so muss der Lauf künstlich gehemmt, oder so geleitet werden, wie die Oertlichkeit es erfordert. Dies wird sehr einfach durch schwere Taue bewirkt, welche von dem Schiffe nach dem Lande führen und hier so aufgewickelt liegen, dass die einzelnen Windungen durch leichteres Tauwerk zusammengebunden sind, welches bei Abwickelung der Haupttaue nach und nach reisst. Oder man befestigt an den landseitigen Enden der Taue lange, äusserst flache eiserne Keile, welche durch jene in entsprechende Schlitze hineingezogen werden und als Bremsen wirken. Je nachdem nun die Taue am Vorder- oder Hintertheile des Schiffes, an einer oder an beiden Seiten desselben befestigt werden, ist es möglich den Lauf nicht nur zu hemmen, sondern auch zu leiten.

Hellinge, auf denen vorzugsweise hölzerne Schiffe gebaut werden sollen, werden zweckmässig überdacht. Eiserne Schiffe bedürfen der Bedachung nicht. Ein solches Dach wird nur durch Pfeiler oder Säulen getragen, die Seitenwände bleiben vollständig offen, damit die Luft frei zutritt. Andernfalls liegt die Gefahr nahe, dass die Hölzer faulen, wie sich dies z. B. vielfach bei Schiffen zeigte, welche man, um den Ablauf zu erleichtern, nicht auf Hellingen, sondern in Trockendocks baute. Wenn nun bei eisernen Schiffen die Anwendung eines Trockendocks statt des Hellings zum Neubau auch ohne Bedenken und in vielfacher Hinsicht sehr bequem erscheint, so sind doch die Anlagekosten und Zinsen eines Docks so bedeutend, dass die Verwendung eines solchen zum Bau von Schiffen wegen der längeren Zeit, welche ein Neubau erfordert, viel zu kostspielig sein würde.

§ 16. Schiffsreparatur-Anstalten. Die unter der Wasserlinie nothwendigen Reparaturen eines Schiffes können zwar in manchen Fällen an dem schwimmenden Fahrzeuge ausgeführt werden, am besten werden dieselben jedoch bewirkt, wenn

das Schiff vorher aufs Trockne gesetzt wird. Nach den vorbereitenden Arbeiten, durch welche die Reparatur ermöglicht wird, lassen sich folgende drei wesentlich verschiedene Reparatur-Anstalten unterscheiden:

a. Anstalten zur Reparatur schwimmender Schiffe;

b. Anstalten zur Reparatur mittelst Senkung des Wassers, welches das Schiff umgiebt, (namentlich Trockendocks);

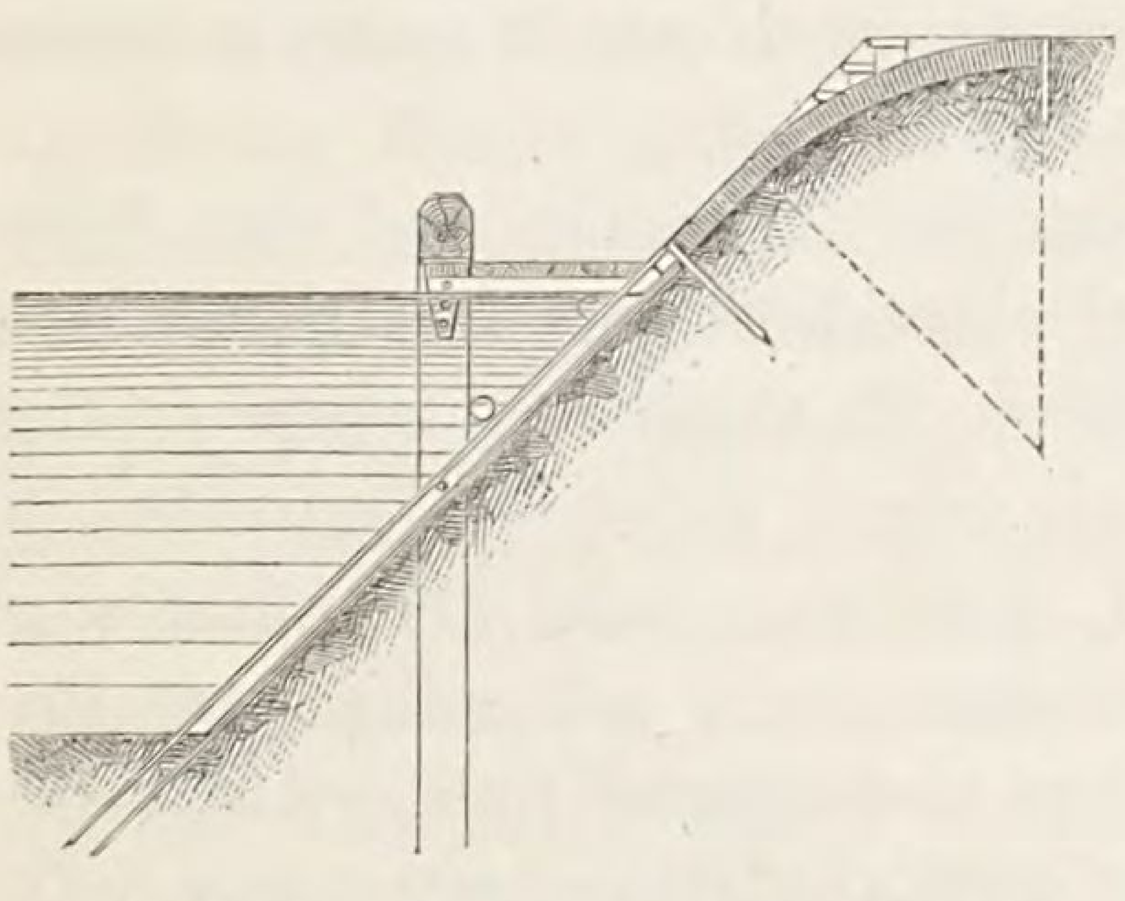
c. Anstalten zur Hebung der Schiffe aus dem Wasser.

a. Anstalten zur Reparatur schwimmender Schiffe.

In schwimmendem Zustande können kleine Ausbesserungen durch Taucher vorgenommen werden. Leider ist bei uns jedoch die Kunst des Tauchens noch wenig geübt und da man sich ganz allein auf den Taucher verlassen muss, so gewährt eine solche Reparatur geringe Sicherheit. Viel gebräuchlicher ist es und war es namentlich in früherer Zeit, die Schiffe an sogenannten Kielholplätzen derart auf die Seite zu legen, dass der Kiel über Wasser tritt und es möglich wird, das halbe Schiff genau zu untersuchen und auszubessern. Ein solches Kielholen findet besonders bei hölzernen Schiffen in kleineren Häfen, welche mit besseren Reparatur-Anstalten nicht versehen sind, statt, wenn die Schiffe kalfatert oder gekupfert werden sollen, oder wenn ähnliche einfache Reparatur-Arbeiten auszuführen sind.

Eine derartige Anlage ist zwar ungemein einfach und billig, für die Schiffe aber keineswegs ohne Nachtheil, da alle Constructionstheile derselben während der ungewöhnlichen Lage in ganz anderer Weise beansprucht werden, als gewöhnlich, und Verschiebungen und Lockerungen des Verbandes unvermeidlich sind.

Fig. 40.



In nebenstehender Fig. 40 ist ein Kielholplatz skizzirt, wie er in dem Oldenburgischen Hafen Brake zur Ausführung gelangt ist. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus einem am Ufer hinlaufenden sehr starken Holm, welcher in je 3^{m} Entfernung auf eingerammten Pfählen ruht und etwa 0^{m},7 über Wasser liegt. An diesem Holm werden Flaschenzüge befestigt, welche von dem oberen Ende der Untermasten ausgehen und deren loses Ende durch Erdwinden vom Ufer aus angeholt wird, bis das Schiff in die zur Bearbeitung der Seitenwände und des Bodens erforderliche Lage gebracht ist. Hinter dem Holm liegt eine Laufbrücke, von welcher aus die Flaschenzüge leicht ersetzt und Reparaturen an dem oberen Theile der Schiffe bequem ausgeführt werden können.

Ist das Ufer mit Mauern eingefasst, so ist zur Anlage eines Kielholplatzes Nichts erforderlich, als die Herstellung einzelner fester Punkte hinter der Mauer, an denen die Flaschenzüge befestigt werden können.

Bequeme Anstalten dieser Art sind z. B. in Antwerpen ausgeführt. Der Kai ist dort in einer Länge von 60^{m} und einer Breite von 10^{m} etwa 1^{m} niedriger gehalten, als das umgebende Terrain. Parallel mit der Kaimauer, 1^{m},5 hinter derselben ist eine zweite Mauer aufgeführt, und in dieser und der Kaimauer steckt eine Anzahl Querbalken. Unter diesen Querbalken, mitten zwischen beiden Mauern liegt ein starker

Längsbalken, welcher zur Befestigung der Blöcke dient. Auf dem freien Raum hinter der inneren Mauer sind die Winden aufgestellt.

An solchen Orten, an denen der Wasserstand einem häufigen und raschen Wechsel unterworfen ist, befestigt man die Blöcke nicht am Lande, weil man beständig die Taue lösen oder anziehen müsste, um das Schiff in gleicher Neigung zu erhalten. Man bedient sich dort zum Befestigen der Blöcke eigens construirter Fahrzeuge, da diese bei verändertem Wasserstande gleichzeitig mit dem Schiffe gehoben und gesenkt werden.

b. Trockendocks.

Wenn ein Schiff zur Ausführung von Reparaturen trocken gestellt werden soll, so ist die einfachste Art dies zu thun diejenige, das Fahrzeug bei hohem Wasserstande auf ein geeignetes Terrain laufen zu lassen und es bei fallendem Wasser seitlich so abzustützen, dass es nicht umfallen kann. Man nennt dies das Banken der Schiffe.

In manchen Tidehäfen, denen ein reiner Strand fehlt, oder wo es des Wellenschlages wegen zu gefährlich sein würde das Schiff auf den Strand zu legen, hat man, wie z. B. in Havre und Liverpool u. s. w. eine Plattform von Holz hergestellt, auf welcher man das Schiff wasserfrei werden lässt, um es eventuell nach der Besichtigung ins Dock zu nehmen. Ist der Unterschied in den Wasserständen nicht vorhanden oder nicht gross genug, um das Trockenlegen des Schiffes zu erreichen, so muss entweder der Wasserstand künstlich gesenkt oder das Schiff aus dem Wasser gehoben werden. Die Trockenlegung der Schiffe durch Senkung des Wasserspiegels erfolgt im Trockendock.

Es ist dies ein ringsum verschlossener, jedoch mit entsprechender Einlassöffnung versehener Raum, welcher nach Eintritt eines möglichst niedrigen Wassers geschlossen und durch Maschinen leer geschöpft wird.

Die älteren Trockendocks bestehen meistens in der Sohle und den Wänden aus Holz und sind durch hölzerne Schleusenthore verschliessbar. Die Thore werden in neuerer Zeit fast ausnahmslos durch Pontons ersetzt, da diese weit besser schliessen und leichter zu unterhalten sind als jene, und ein etwas grösserer Zeitverlust beim Eindocken eines Schiffes nicht so wesentlich ist, wie etwa beim Durchfahren einer Schleuse. Im Uebrigen empfiehlt es sich auch heute noch, namentlich auf Privatwerften, Docks mit geringer Wassertiefe aus Holz zu construiren, da die Anlagekosten eines durchweg massiven Docks in den meisten Fällen viel zu gross sein werden, um die Erbauung eines solchen rentabel erscheinen zu lassen. Es ist jedoch erst festzustellen, ob die Bodenverhältnisse und namentlich der Wasserzudrang überhaupt die Ausführung eines hölzernen Bodens gestatten.

Construction der Trockendocks. Siehe Taf. LXIV. Jedes Trockendock besteht aus der Dockkammer, d. i. dem zur Aufnahme des Schiffes bestimmten Raume, und dem Dockhaupt, welches den Eingang zur Kammer bildet und in dem sich die Verschlussvorrichtung befindet.

Die Dockkammer erhält in der Regel eine Länge, die der des grössten zu dockenden Schiffes entspricht. Docks von geringer Tiefe macht man wohl so lang, dass zwei kleinere Schiffe hintereinander stehen können. Die Breite wird meistens ebenfalls nur für ein Schiff berechnet. Je grösser namentlich die oberen Breiten im Terrain und im Wasserspiegel genommen werden, desto günstiger ist es für den

Zutritt von Luft und Licht, desto länger und unbequemer werden andererseits die Steifenhölzer und desto grösser die auszuschöpfende Wassermasse. In letzterer Hinsicht ist es also von grosser Wichtigkeit, ob die Entleerung zum Theil durch die eintretende Ebbe erfolgt, wie denn viele Docks in England ganz oder fast ohne Schöpfwerk trocken werden. Ein Dock für zwei Schiffe nebeneinander ist z. B. das in Fig. 5 dargestellte zu Bremerhafen. Die Tiefe der Dockkammer muss mindestens 1^m grösser sein, als der Tiefgang des grössten zu dockenden Schiffes, da unter dem letzteren ein Arbeitsraum von dieser Höhe unbedingt erforderlich ist.

Das Schiff wird im Dock durch Kielblöcke, Kimmschlitten und Steifen unterstützt. Die Kielblöcke stehen in 1^m Entfernung hintereinander in der Längenachse des Docks. An jeder Seite können 6 bis 8 Kimmschlitten auf Gleitbahnen quer zur Achse unter das Schiff gezogen werden. Steifen müssen vom Wasserspiegel abwärts an allen Stellen des Schiffes angesetzt werden können, es müssen also Boden und Seitenwände durchweg mit Stufen versehen sein, gegen welche die Steifen sich stützen. Je verschiedener die Schiffe sind, welche in einen und demselben Dock reparirt werden sollen, desto mehr Stufen sind anzubringen, um für jede Steifenlänge ein geeignetes Widerlager zu schaffen, während man in solchen Docks, die nur für ganz bestimmte Classen von Fahrzeugen benutzt werden, die Stufen nur an die geeignetsten Stellen legt und übrigens die Mauern in wenigen Gallerien hochführt.

Zur vollständigen Trockenlegung des Docks ist es nöthig der Sohle nach der Längen- und Querrichtung Gefälle zu geben. Das Längengefälle beträgt etwa 1:300 und wird am besten von hinten nach vorn angeordnet, so dass der tiefste Punkt des Docks vorn am Eingang liegt, und zwar deshalb, weil die Schiffe mit dem Hintertheil tiefer gehen, als mit dem Vordertheil und somit Docksohle und Kiellinie möglichst parallel liegen. Es wird also das Schiff überall sehr bald und ziemlich gleichzeitig die Kielblöcke berühren und die Tiefe des Docks vollständig ausgenutzt. Läge der tiefste Punkt hinten im Dock und man wollte das Schiff rückwärts einholen, so würde die tiefste Stelle des Kiels über den höchsten Punkt der Sohle hinweg gehen, das Schiff also hoch über den Kielblöcken schwimmen und das Dock eine ganz unnöthige Tiefe erhalten müssen. Es befinden sich ferner in der Längenrichtung des Docks muldenförmige Rinnen, in welchen das zuletzt noch auf der Sohle stehende Wasser, sowie alles Leck- und Regenwasser nach vorn läuft. Diese Rinnen können entweder nahe der Mittelachse angebracht sein (Fig. 4) oder mehr seitwärts (Fig. 1 und 6) und wird hierdurch das Quergefälle der Docksohle bedingt. Die letztere Anordnung ist besser, weil die Rinnen weniger bei den Arbeiten am Schiffe hindern und leichter rein gehalten werden können, doch wird die Sohle nicht so eben, weil die Gleitbahnen der Kimmschlitten ein Gefälle nach der Mitte haben müssen und daher die beiden Gefälle sich durchkreuzen, während bei der ersten Anordnung die Gleitbahnen an keiner Stelle über die Sohle vortreten.

Diese Bahnen, auf denen die Kimmschlitten (Fig. 9 und 10) laufen, sind etwa 10^m von Mitte zu Mitte entfernt und je 2^m breit. An den Stellen, an welchen der Schlitten gleitet, werden auf dem Mauerwerk eiserne Platten befestigt und erhalten die Schlitten eine seitliche Führung, so dass sie auf den Platten bleiben müssen. Die Bahnen haben ein Gefälle von etwa 1:100.

Den Uebergang aus der Sohle in die Seitenmauern bildet immer eine Anzahl niedriger Stufen, da an dieser Stelle vorzugsweise Steifen angesetzt werden, um den Bauch des Schiffes zu stützen. Diese Uebergangsstufen müssen jedoch von der Mittel-

achse so weit entfernt liegen, dass die Kimmschlitten weit genug zurückgezogen werden können, um nicht von dem in das Dock geholten Schiffe umgestossen zu werden. Um dies zu vermeiden werden wohl in den Seitenmauern Nischen angebracht, in welche die Schlitten hineingezogen werden. Es ist dies auch durchaus zweckmässig, wenn der Wasserdruck gering ist und die Schwächung der Mauern unbedenklich erscheint.

Von dem tiefsten Punkte der Sohle gehen ein oder mehrere Abflusscanäle aus, welche nach dem Schöpfwerk führen. Bei einem einzelnen Dock würde letzteres stets vortheilhaft in möglichster Nähe des Dockeinganges anzubringen sein, da die Canäle dadurch am kürzesten würden. Da aber der Kai, in welchem der Eingang meistens liegt, für Verkehrszwecke möglichst frei bleiben muss, so wird das Schöpfwerk in der Regel an das hintere Ende des Docks gestellt und laufen dann die Abflusscanäle in ganzer Länge unter dem Dockboden (Fig. 5) oder in den Seitenmauern (Fig. 1) entlang. Erstere Lage ist nur ausnahmsweise zulässig, da im Allgemeinen die Festigkeit der Sohle dadurch leidet; in den Seitenmauern können die Canäle unter Umständen als Aussparung am Platze sein. Wenn mehrere Abflusscanäle verschiedener Docks in einem gemeinsamen Pumpensumpf münden, so müssen sie gegen diesen abgeschlossen werden können. Am besten geschieht dies durch eiserne Schützen. Da dieselben aber nur nach einer Richtung dicht schliessen, so müssen in jedem Canale zwei Schützen angebracht werden, welche in besonderen Schächten hoch gezogen werden können. Bei der Grösse derartiger Schützen ist es zweckmässig Gegengewichte anzubringen und die Hebung durch Schrauben zu bewirken.

Die Seitenmauern der Docks bestehen aus einer Reihe von höheren oder niedrigeren Gallerien resp. Stufen. Es ist schon gesagt, dass eine möglichst grosse Anzahl Gallerien bequem, jedoch nicht erforderlich ist. Immer muss eine Gallerie dicht über dem gewöhnlichen Wasserstande liegen, damit die ersten Steifen angebracht werden können, sobald das Schiff auf den Kielblöcken aufsitzt. Die Breite der Stufen beträgt etwa $0^m,4$, die der höheren Gallerien etwa $0,8^m$. An jeder Seite des Docks pflegt man 3 bis 4 Treppen von mindestens 1^m Breite anzubringen.

Zum Hinunterschaffen schwerer Materialien sind diese schmalen Treppen, die zudem nicht mit festen Geländern versehen sein können, nicht besonders geeignet und werden zu diesem Zwecke eine oder mehrere Rutschbahnen etwa unter 45^0 angelegt. Am besten liegt eine solche Rutsche in der Rundung oder dem sogenannten Scheitel des Docks (Fig. 2 und 3). Die Seitenmauern von ihnen durchschneiden zu lassen ist unzweckmässig, weil die Rutschen auf dem gemeinsamen Fundament des Docks keinen Platz mehr finden, also für sich fundirt werden müssen, und daher besonders zu Undichtigkeiten Veranlassung geben.

In den Seitenmauern befinden sich die Einlasscanäle zum Füllen des Docks vor dem Ausdocken eines Schiffes. Sie liegen unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel im Dockhaupt und müssen durch Schützen gegen das äussere Wasser abgeschlossen werden können. Der in Fig. 1, Schnitt *A B* gezeichnete Canal fällt in 3 Absätzen bis zur Sohle des Docks hinunter und mündet an derselben Stelle, an welcher der Abflusscanal beginnt.

Die über Wasser liegenden Mauern erhalten leichte Ringe zum Festmachen von Booten, Steifenhölzern u. s. w. Zum Verholen der zu dockenden Schiffe müssen am Dockhaupt und am Scheitel Gangspills aufgestellt sein, eins in der Mittelachse, je zwei an einer Seite.

Die Bewegung der Kimmschlitten erfolgt besser ohne Winden mit Hülfe von Flaschenzügen, da feste Winden den Verkehr an der Seite der Docks zu sehr hindern würden. Die Ketten resp. Taue, mit denen die Schlitten angeholt werden, müssen oben auf dem Terrain festgemacht werden können, bis das Gewicht des Schiffes nach Entleerung des Docks durch sorgfältiges Ankeilen auf die Schlitten wirkt und eine Verschiebung verhindert.

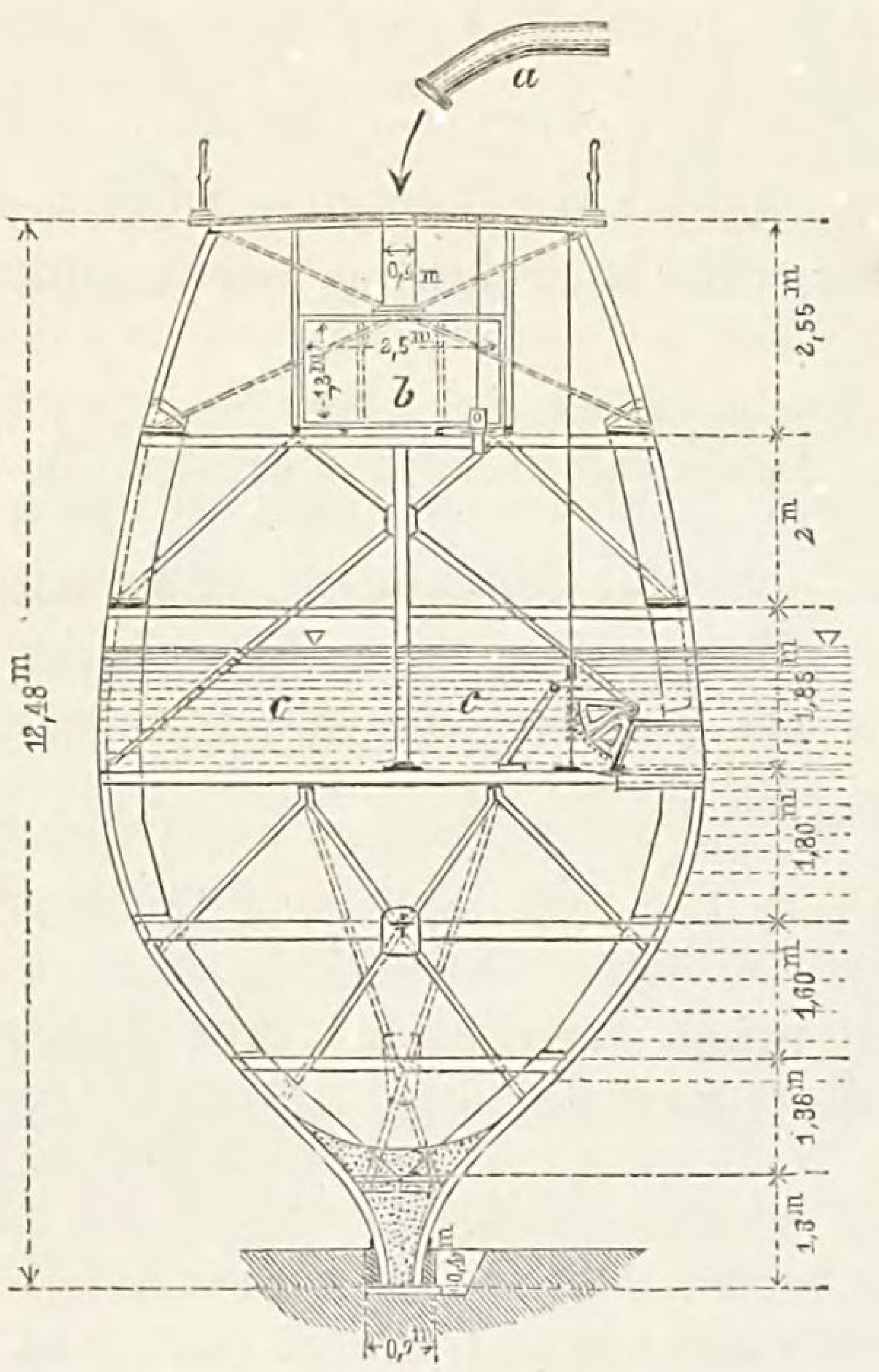
Das Dockhaupt ist der am stärksten beanspruchte Theil des Docks und muss daher besonders stark construirt werden. Die Länge richtet sich zunächst nach der Art des Verschlusses. Bei Anwendung von Thoren ist das Dockhaupt ganz wie ein Schleusenhaupt zu gestalten (vergl. Cap. XVI). Wenn der Verschluss durch ein Ponton erfolgen soll, so wird das Haupt etwa 12 bis 20^{m} lang werden, je nachdem ein oder zwei Falze angelegt werden sollen. Letzteres ist immer zu empfehlen, damit der innere Falz nöthigenfalls reparirt werden kann. Die Weite der Oeffnung ist so zu bemessen, dass beim Einfahren des grössten Schiffes, welches seines Tiefganges wegen noch gedockt werden kann, an jeder Seite überall mindestens 20 bis 30^{cm} Spielraum vorhanden ist. Die wichtigste Bestimmung ist die der Tiefe des Hauptes, da von ihr die Verwendbarkeit des Docks abhängt. In der Regel wird das Maass so knapp bemessen wie irgend möglich, so dass die grösste Classe von Schiffen, für welche das Dock bestimmt ist, nur bei gewöhnlichem Wasserstande eben hindurchgeht, weil mit der Tiefe die Kosten des Docks ausserordentlich wachsen. In Kriegshäfen, wo es vielleicht unbedingt erforderlich sein kann, auch bei niedrigen Wasserständen zu docken oder Schiffe aufzunehmen, die in Folge von Beschädigungen ungewöhnlich grossen Tiefgang haben, ist es rathsam die Tiefe reichlich zu bemessen. Immer soll aber die Sohle des Hauptes sich in gleicher Höhe mit der Oberkante der vordersten Kielblöcke befinden, da andernfalls Dockhaupt oder Kammer unnütz tief liegen.

Die Sohle der Einfahrt, der sogenannte Drempel, wird gewöhnlich durch einen flachen Kreisbogen hergestellt. Die Seitenmauern erhalten einen starken Anlauf, etwa 1:4, damit das Ponton bequem von oben in den Falz hinuntergesenkt werden kann. Die Tiefe der Falze kann zu $0^{m},5$, die Breite zu 1^{m} angenommen werden.

Der Dockverschluss erfolgt wie erwähnt durch Drehthore oder durch Pontons. Die Thore werden, wenn sie noch zur Anwendung kommen, genau wie Schleusenthore hergestellt und kann daher auf Cap. XVI verwiesen werden.

Ein Verschlussponton besteht in der Regel aus einem eisernen Fahrzeug, dessen Kiel der Form des Drempels, dessen Vorder- und Hintersteven der Form der Seitenmauern genau entspricht, so dass es, in den Falz versenkt, die Einfahrt in das Dock dicht verschliesst. Länge und Höhe des Pontons sind also durch die Form der Einfahrt gegeben. Die obere Breite wird durch die Forderung eines mehr oder weniger bequemen Uebergangs über das Dockhaupt zu 3 bis 5^{m} gegeben. Die übrigen Breiten werden durch Stabilitätsrücksichten bestimmt, wobei jedoch zu beachten ist, dass das Ponton insofern nicht wie ein gewöhnliches Fahrzeug construirt werden darf, als es einseitigem Wasserdrucke widerstehen muss. Die horizontalen Versteifungen, Decks u. s w. sind daher als die Haupt-Längsträger anzusehen, durch welche die Spanten als Querträger den gegen die Haut wirkenden Wasserdruck übertragen, und die sich selbst gegen den Falz als Auflager stützen. Verticale Querverbindungen bringen sodann die erforderliche Steifigkeit hervor. Diese wird bei Kiel und Steven gewöhnlich durch einen kastenförmigen Querschnitt erreicht, der zugleich den Vortheil hat, dass das zwischen Eisen und Stein erforderliche, elastische Dichtungsmittel in Form von Holzleisten an Kiel und Steven leicht zu befestigen ist. Im unteren Theile des Pontons wird so viel fester Ballast angebracht, dass dasselbe noch bei dem niedrigsten Wasserstande, bei welchen gedockt werden soll, frei über dem Falze schwimmt. Die Senkung erfolgt durch Einnehmen von Wasserballast. Für die Stabilität des Pontons ist es natürlich am besten, wenn dieser Ballastraum möglichst tief liegt. Das Einlassen geht dann auch sehr schnell, es müssen jedoch starke Dampfpumpen entweder im Ponton

Fig. 41.



oder daneben angebracht werden, um das Wasser vor dem Ausfahren des Pontons wieder auszupumpen. Wenn der Ballastraum über dem Wasserspiegel liegt, kann man dagegen das Wasser leicht ablaufen lassen, muss es aber vorher, wenn nicht eine Wasserleitung verwendbar ist, hineinpumpen. Am besten ist die in nebenstehender Skizze Fig. 41 dargestellte Anordnung, bei welcher der wasserdichte Boden des Ballastraumes in der Höhe des äusseren Wasserspiegels liegt. Wird dann das Ponton durch eine geringe Belastung nur etwas gesenkt und wird gleichzeitig der Wasserraum *c c* durch Oeffnen von Ventilen, die in der Höhe des Wasserspiegels liegen, mit dem äusseren Wasser in Verbindung gebracht, so füllt sich der Ballastraum und es senkt sich das Ponton, wobei im letzteren das Wasser oben so hoch steht, wie aussen. Soll es nun gehoben werden, so wird nur das zuerst hervorgebrachte Uebergewicht entfernt, dadurch steigt das Ponton etwas und das im Innern desselben nun höher als aussen stehende Wasser fliesst nach dem Bassin ab. Indem nun das Ponton durch den Abfluss des Wassers ebenso viel an Gewicht abnimmt als es durch das geringere Eintauchen an Auftrieb verliert, steigt es ohne jedes Auspumpen von selbst empor. Vergl. Cap. XVI § 20 Girard'sche Schleuse. S. 961.

Das erste Uebergewicht wird sehr einfach durch ein oder zwei kleinere Wasserbehälter *b* nahe unter dem Oberdeck des Pontons hervorgebracht, welche z. B. in Kiel aus der Wasserleitung *a* in kurzer Zeit gefüllt und vor dem Heben des Pontons nach aussen ins Bassin entleert werden. Die Versenkung resp. Hebung eines solchen Pontons dauert etwa eine Stunde.

Der Ballastraum muss durch Längs- und Querschotten in einzelne Kammern getheilt werden, deren jede direct mit dem Aussenwasser in Verbindung gebracht werden kann, so dass das Ponton bei unruhigem Wasser durch den beweglichen Ballast nicht so leicht die Stabilität verliert, vielmehr nach Belieben ausbalancirt werden kann.

Das in Fig. 12 bis 14, Taf. LXIV dargestellte Ponton eines Trockendocks in Bremerhafen ist insofern interessant, als dasselbe nicht eigentlich als Fahrzeug, sondern als schwimmende verticale Wand construirt ist, welche in halber Höhe mit einem Kasten zur Aufnahme des Wasserballastes, der später ausgepumpt wird, versehen und gegen diesen Kasten abgesteift ist. Diese Construction, bei der eine Blechwand erspart wird, erscheint für kleinere Pontons ganz geeignet. Bei grösserer Höhe des Pontons wird der Vortheil der Materialersparniss jedenfalls durch geringere Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit mehr als ausgeglichen.

In Fig. 7 und 8 ist ein in Greenock ausgeführtes, in Cap. XVI § 16 näher beschriebenes Ponton gezeichnet, welches wie ein Schiebethor construirt ist. Es läuft auf Rollen und kann von einem Manne durch hydraulische Maschinen seitwärts in eine entsprechende Nische geholt werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese unter Anderen auch bei dem Somerset-Dock auf Malta ausgeführte Construction den Vortheil gewährt, das Ponton weit rascher vorlegen resp. entfernen zu können, wenn auch andererseits durch Anlage der Nische grössere Kosten entstehen. Damit ein Ponton dicht schliesst, wird auf die an Steven und Kiel befestigte Holzleiste — welche übrigens etwa 30^{cm} hoch und 20^{cm} stark zu sein pflegt — eine aus Tauwerk geflochtene Matte genagelt. Die äusseren Fäden werden zum Theil aufgeschnitten und aufgedreht, wodurch die Matte wie ein weicher dichter Teppich wird. Bei sorgfältiger Ausführung des Mauerwerks und wenn das Ponton nicht windschief ist, kann man auch ohne Matte einen dichten Verschluss herstellen, sobald das Schöpfwerk stark genug ist, um das Ponton gehörig anzusaugen. Letzteres darf nur niemals auf dem Boden aufstehen, sondern muss immer nach oben schwimmen, um dem Wasserdruck nachgeben zu können.

Das Schöpfwerk muss sich nach der auszuschöpfenden Wassermasse richten. Auch das grösste Dock muss, wenn ein Schiff in demselben liegt, in etwa 4 Stunden trocken gelegt werden, so dass eine Besichtigung des Schiffes, oder eine kleine Reparatur im Laufe eines Tages ausgeführt wird. Als die beste Pumpenconstruction hat sich sowohl wegen ihrer Leistung, als besonders auch wegen ihrer Zuverlässigkeit und geringen Reparaturbedürftigkeit die Kreiselpumpe bewährt. Die meisten

neueren Docks sind mit Kreiseln Gwynne'scher Construction versehen. Für die 4 Trockendocks des Kieler Hafens ist ein gemeinschaftliches Schöpfwerk hergestellt, welches 3 Maschinen und 3 Kreisel enthält und in der Secunde fast 1,5 kb^{m} Wasser fördert. Eine kleine Lenz-Pumpe dient zum Ausschöpfen des in den Docks sich sammelnden Sicker- und Regenwassers.

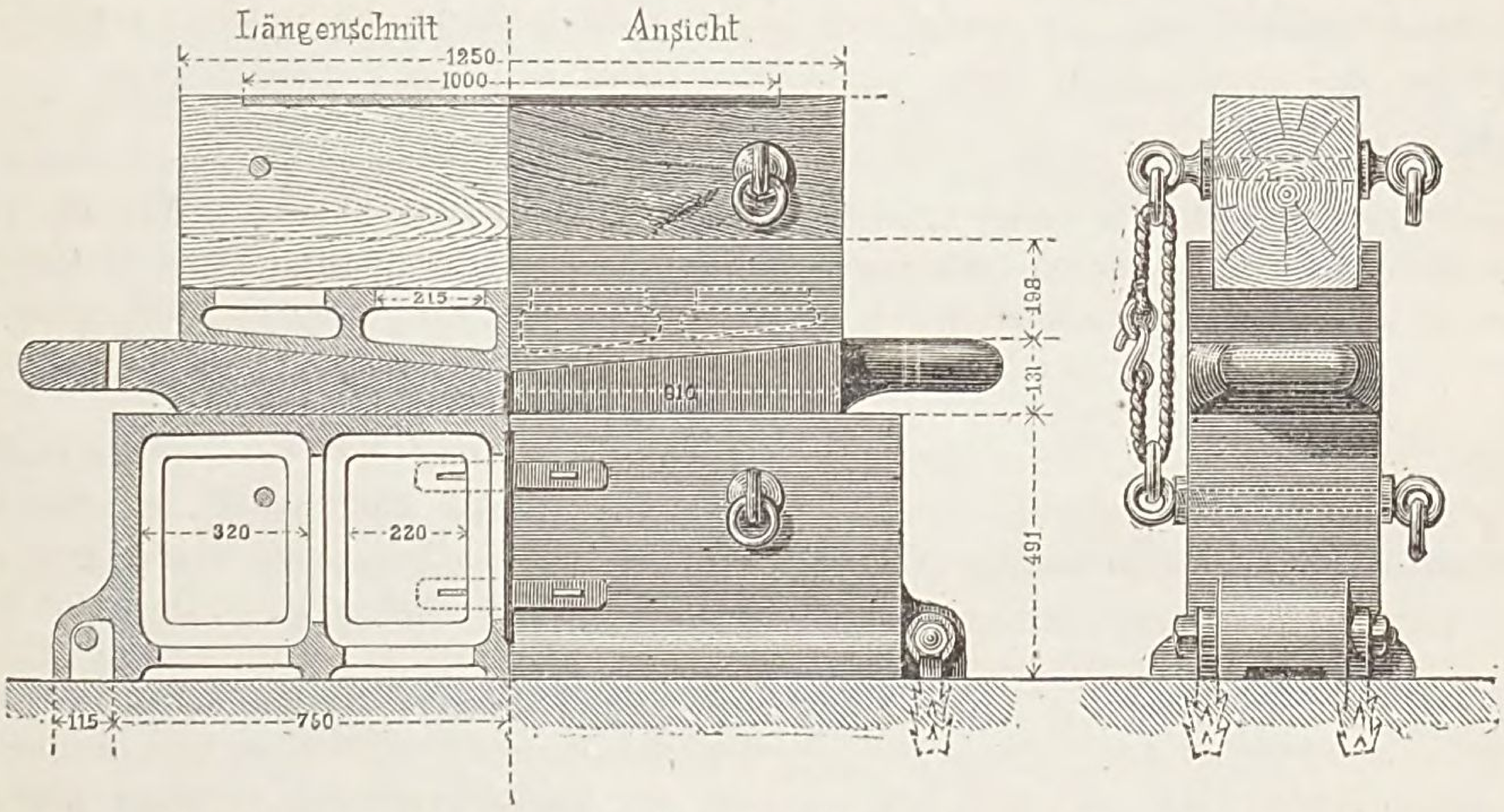
Um geringe Saughöhe für die Kreisel zu erhalten, die dadurch bekanntlich an Nutzeffect gewinnen, stellt man die Pumpen gern in einen mehr oder weniger tief unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel liegenden Schacht. Es ist das nicht zu empfehlen. Wenn der Schacht wasserdicht sein soll, so wird er sehr theuer und falls etwa ein Pumpenrohr bricht, so ist das ganze Schöpfwerk für längere Zeit ausser Betrieb gesetzt. Jedenfalls sollte eine Pumpe als Reserve über dem Wasserspiegel aufgestellt sein.

In Fig. 15 ist das Schöpfwerk des Trockendocks von St. Nazaire dargestellt. Zwei horizontale Dampfmaschinen von je 60 Pferdekraft treiben 4 Centrifugalpumpen, deren jede 0,5 kb^{m} pro Secunde fördert. Zwei kleinere Lenz-Pumpen werden durch eine besondere Maschine getrieben. Die Pumpen stehen direct über dem Pumpensumpf, es sind also horizontale Saugröhren nicht vorhanden. Dies ist für die Solidität der Rohrleitung sehr vortheilhaft, da an den Knierohren leicht Undichtigkeiten entstehen und elastische Zwischenstücke aus Kupfer oder Blei resp. sogenannte Teleskoprohre andernfalls erforderlich werden.

Die Kielblöcke bestehen am einfachsten aus drei übereinander liegenden Eichenholz-Klötzen, von denen die oberen keilförmig gestaltet sind, so dass durch Antreiben des mittleren Klotzes der obere so weit gehoben werden kann, dass er das Schiff mit trägt. Denn da der Schiffskiel, namentlich bei älteren Schiffen, keine gerade Linie bildet, so wird derselbe niemals alle Kielblöcke gleichmässig berühren, obgleich die Form des Kiels vor dem Docken durch Messung mittelst eines schwimmenden Rahmens ermittelt und, nachdem das Dock zu dem Zwecke eigens trocken gelegt ist, auf jeden Kielblock ein weiches Holz von entsprechender Dicke gelegt wird, so dass die Stapelung der Kielform ziemlich genau entspricht.

Statt eines mittleren Holzkeiles werden besser zwei eiserne Keile von halber Länge angebracht, die dann von beiden Seiten angetrieben werden können (Fig. 11, Taf. LXIV). Da aber auch das beste Eichenholz bei dem häufigen Wechsel von Nässe und Trockenheit leicht fault, so sind die Kielblöcke, welche mit Ausnahme des obersten Blocks ganz von Gusseisen construirt sind (siehe nachstehende Fig. 42) am besten. Der obere Klotz dient als elastisches Zwischenstück.

Fig. 42.



Die Kimmschlitten (Fig. 9 u. 10, Taf. LXIV) bestehen bei grossen Docks nur aus abwechselnd übereinander gelegten und fest verbundenen Lang- und Querhölzern. Der obere Theil wird für jedes Schiff besonders hergerichtet und schliesslich ein genaues Anliegen durch Holzkeile bewirkt. Bei leichten Schiffen bestehen die Schlitten wohl aus 2 Theilen, von welchen der obere um eine horizontale Achse so gedreht werden kann, dass er sich an die Schiffswand anlegt.

Die Fundirung der Trockendocks erfordert ungewöhnliche Sorgfalt. Sie hängt natürlich vollständig von der Tragfähigkeit des Bodens und dem zu erwartenden Wasserzudrange ab. In dieser Hinsicht ist ein Vergleich der 4 Querschnitte in Fig. 1, 4, 5 u. 6, Taf. LXVI von Interesse.

Das Dock von Bremerhafen ist ganz in den Klai eingeschnitten, die Tragfähigkeit musste daher durch Pfähle, welche bis in den Sandboden reichen, erzielt werden. Der Wasserzudrang ist aber so gering, dass Boden und Wände aus einem Bohlenbelage hergestellt werden konnten.

In Pola wurde das Dock auf festem Kalksteinfelsen fundirt, der nur aus einzelnen Spalten Quellen durchliess. Es konnte die Sohle daher verhältnissmässig sehr dünn sein. Die Quellen wurden in Bleiröhren gefasst und nach Vollendung des Mauerwerks geschlossen, später jedoch theilweise wieder geöffnet, da der wahrscheinlich zerklüftete Felsboden mit der Docksohle stellenweis etwas gehoben wurde. Namentlich nach den Erfahrungen, die beim Bau des Somerset-Docks auf Malta gemacht wurden, wo der Wasserzudrang aus den Felsspalten mit einer Pumpenanlage von 140 Pferdekraft nicht bewältigt werden konnte, empfiehlt es sich die Quellen möglichst tief unter der Sohle durch gusseiserne Röhren zu fassen, sie während der Ausführung und Erhärtung des Mauerwerks frei abfliessen zu lassen und dann erst zu schliessen. Wenn bei der Ausführung der Pumpensumpf des die Baugrube trocken haltenden Schöpfwerks ausserhalb des eigentlichen Docks liegt, die Quellen also aus dem Dock heraus etwa in das davor liegende Bassin geleitet werden, so kann es zweckmässig sein, sie auch später gar nicht zu schliessen, falls nämlich, wie dies z. B. in Kiel der Fall war, das Quellwasser aus hochgelegenem Hinterlande entspringt und es unter einem höheren Drucke, als dem des Bassinspiegels steht, also unter allen Umständen frei ablaufen wird.

Bei sandigem Untergrunde giebt man der Docksohle eine Stärke von $^1/_4$ bis $^1/_3$ der über der Unterkante der Sohle vorhandenen Wasserhöhe. In Chatham (Fig. 6) ist auf grobem Sand eine Stärke von kaum $^1/_4$ ausreichend, trotzdem die Docksohle aus drei verschiedenartigen Materialien — Beton, Ziegeln und Granit — besteht, voraussichtlich also zwei wasserdurchlassende horizontale Fugen in derselben vorhanden sind.

In Wilhelmshafen und Kiel beträgt die Sohlendicke etwa $^1/_3$ der Wasserhöhe, da diese Docks theilweise auf feinem Sand stehen, dem ungünstigsten Baugrunde, insofern als dieser Sand, wenn Quellen darin vorhanden sind, allmählich ganz von Wasser durchzogen wird und breiartig auf das Mauerwerk drückt. Es ist daher in einzelnen Fällen nachträglich eine Hebung der Sohle eingetreten und eine Durchbohrung derselben zur Herstellung eines freien Wasserabflusses erforderlich geworden. Am besten wäre es kleine Quellen, um welche es sich meistens nur handelt, gar nicht zu dichten, sondern frei in den Rinnsteinen der Docks austreten zu lassen, doch kann man sich in dem Wunsche, das Dock recht trocken herzustellen, schwer dazu entschliessen.

Das beste Material für die Herstellung von Trockendocks sind hartgebrannte Ziegel, da das Mauerwerk aus ihnen am dichtesten wird. Man sollte den Beton, der selten zu entbehren sein wird, nur so stark schütten, dass es möglich ist die Baugrube trocken zu legen und dass etwaiges Quellwasser rein abfliesst, ohne den Boden durch Ausspülung aufzulockern. Dann sind die Quellen durch Röhren nach Aussen abzuleiten und es ist die Sohle in ganzer Dicke aus Ziegelmauerwerk herzustellen. Eine Granitverblendung, die vielfach für erforderlich gehalten wird, schliesst niemals wasserdicht an das übrige Mauerwerk und zwar um so weniger, je grösser die Quader sind. Ueberhaupt ist die früher berechtigte Forderung, möglichst grosse Steine zu verwenden, in keiner Weise mehr zulässig, seitdem es mit Hülfe des Portland-Cementes möglich ist dem Mörtel eine Festigkeit zu geben, welche derjenigen des Steines in vielen Fällen nicht nur gleich kommt, sondern sie übertrifft. Wenn wirklich Wasserdichtigkeit erzielt werden soll, ist es erforderlich die Quader nur so gross zu nehmen, dass sie mit Leichtigkeit in Mörtel versetzt werden können. An den Ecken und Kanten ist dagegen eine Verblendung des Ziegelmauerwerks mit Granit unbedingt zu empfehlen.

Ob es zweckmässiger ist die Sohle in horizontalen Schichten oder gewölbartig in Rollen zu mauern ist schwer zu entscheiden. Theoretisch ist letzteres entschieden richtiger, doch wird einmal das Mauerwerk aus Flachschichten dichter, weil die Stossfugen sich weit besser decken, zweitens passt die Bogenform für die Sohle insofern schlecht, als die innere Laibung nicht nur horizontal sondern sogar convex ausgemauert wird, so dass die durch die Bogenform beabsichtigte Materialersparniss nicht

eintritt und, wenn der Bogen in der That als solcher beansprucht würde, eine Fuge zwischen ihm und der Ausmauerung entstehen müsste. Allerdings erscheint es sehr fraglich, ob eine solche Beanspruchung eintritt, da wie gesagt, der Mörtel mindestens ebenso fest ist wie der Ziegel, und somit würde es auch für die Festigkeit ohne Einfluss sein, in welcher Weise die Schichten in dem Mauerwerk laufen.

Hier muss das bei den Ufermauern bereits Gesagte nochmals hervorgehoben werden, dass nämlich die gute Ausführung des Mauerwerks neben sorgfältiger Mischung des Mörtels und genügender Nässung des Steinmaterials besonders davon abhängt, dass das frische Mauerwerk nicht berührt wird, so lange es noch abbindet.

c. Anstalten zur Hebung der Schiffe aus dem Wasser.

Die Trockenlegung der Schiffe durch Hebung derselben aus dem Wasser kann erfolgen:

1. durch verticale Hebung allein, vermittelst des schwimmenden Docks, des Schraubendocks oder des hydraulischen Docks;
2. durch Hebung und demnächstige Fortbewegung in der Längenrichtung, vermittelst des schwimmenden Docks in Verbindung mit horizontalen Schleifbahnen;
3. durch Hebung und demnächstige Fortbewegung in der Querrichtung, vermittelst des rostartigen Docks;
4. durch gleichzeitige Hebung und Fortbewegung auf der Patentschleppe.

1. Verticale Hebung allein. Das schwimmende Dock älterer Construction bestand aus einem hölzernen Kasten, dessen Längswände fest mit dem Boden verbunden waren, während die beiden Querwände durch je ein Paar Stemmthore oder eine Klappe mit horizontaler Achse gebildet wurden. Wenn diese Thore geöffnet und der Kasten mit Wasser gefüllt war, lag er so tief, dass ein Schiff hineinfahren konnte. Schloss man sodann die Thore und pumpte die Kammer wie ein Trockendock aus, so hob sich das Dock entsprechend, jedoch nicht soweit, dass die Thore geöffnet werden konnten. Es war daher die Ausführung der Reparatur sehr unbequem, da der Zugang, sowie der Materialientransport zum Schiff über die Wände hinüber erfolgen musste.

Seine grosse Bedeutung erhielt das schwimmende Dock erst durch die von Gilbert getroffene Verbesserung, die Querwände ganz fortzulassen, Boden und Längswände dagegen als hohle Kasten zu construiren, welche mit Wasser gefüllt und wieder leer geschöpft werden können. Die ersten Docks dieser Art, von Gilbert Balance-Docks genannt, waren ganz von Holz construirt. In neuerer Zeit macht man sie ganz oder doch grösstentheils von Eisen. Ein solches eisernes, in Swinemünde befindliches Dock ist in Fig. 7 und 8, Taf. LXV dargestellt.

Dasselbe ist rund 77^m lang, 25^m breit und 12^m hoch. Der Bodenkasten ist $2^m,5$ hoch und etwas convex um das Regenwasser nach den Seiten ablaufen zu lassen. Der Stapelraum zwischen den Seitenkasten hat unten $11^m,5$, oben jedoch 20^m Breite. Das Dock ist im Allgemeinen zur Aufnahme von Schiffen bis 2500^T Gewicht und $6^m,25$ Tiefgang bestimmt, es kann jedoch auch ein Schiff von 3500^T gedockt werden. Dies geschieht mit Hülfe zweier $0^m,75$ hoher Drempelwände, welche an den beiden Querwänden angebracht sind, nur etwas niedriger als die Kielblöcke liegen und gestatten, dass der Stapelraum nach Art der Trockendocks ausgepumpt wird.

Der Flur und die schrägen inneren Seitenwände sind mit Bohlen belegt, auf welchen die Stufen zum Absteifen der Schiffe befestigt sind. Der Dockraum ist nicht nur von den schmalen Seiten, sondern auch durch je zwei Eingänge an den Längsseiten zugänglich. Kielblöcke und Seitenschlitten

sind ähnlich wie in Trockendocks. Die Schlitten werden durch Winden, welche oben auf den Seitenkasten befestigt sind, angeholt. Von dort aus werden ebenfalls mit Winden die ersten horizontalen Steifen gegen das Schiff gebracht. Boden und Seitenkasten sind zellenförmig durch wasserdichte Schotte abgetheilt, theils um beim Füllen und Leeren das Dock im Gleichgewicht zu erhalten, theils um bei etwaigen Beschädigungen dem Sinken des Docks bestimmte Grenzen zu setzen. Der Bodenkasten besitzt 2 durchgehende Längsschotten, besteht also aus 3 Abtheilungen. Jeder Seitenkasten wird durch ein in halber Höhe liegendes horizontales Deck zunächst in 2 Abtheilungen getrennt, von denen die beiden unteren ebenfalls mit Wasser gefüllt werden, während die oberen unter allen Umständen die nöthige Tragfähigkeit herstellen. Vier Querschotte theilen die 5 unteren Abtheilungen in je 5 Zellen, so dass das Bodenponton aus 15 und jeder Seitenkasten aus 5 wasserdichten Zellen besteht. Die in der Mitte der Seitenkasten angebrachten, stets wasserfrei zu haltenden Schächte für die Pumpen und Maschinen bilden noch 2 besondere Zellen. Die Abtheilungen des Bodens stehen mit denen der Seiten durch verschliessbare Canäle in Verbindung. Auch sind Steigerohre zum Entweichen der Luft beim Füllen der Zellen mit Wasser angebracht. Den unteren Theil der für die Pumpenanlage dienenden Zellen bildet ein Reservoir, in welches aus jeder Bodenzelle ein Rohr mündet, das durch Schieber vom Oberdeck der Seitenkasten aus verschliessbar ist. Ueber dem Reservoir stehen auf jeder Seite 4 Kolbenpumpen, über diesen liegt der Maschinenraum mit je einer 20pferdigen Maschine.

Das Dock hat, wenn es leer gepumpt ist, einen Tiefgang von $0^m,8$, im Allgemeinen lässt man es jedoch tiefer liegen und pumpt es nicht ganz aus. Mit einem Schiff von 2500^T Gewicht beträgt der Tiefgang $2^m,4$.

Die Befestigung des Docks an seinem Liegeplatz erfolgt selbstverständlich mit den schwersten Ketten an Dücdalben oder Ankerbojen. Es liegt auf der Hand, dass die Befestigung bei stark wechselnden Wasserständen sehr grosse Schwierigkeiten hat, und dass schon deshalb das schwimmende Dock besonders für Häfen mit ziemlich constantem Wasserspiegel geeignet ist. Eine zweite Schwierigkeit besteht in der Unterhaltung der unter Wasser liegenden Theile und ist deshalb ein besonderes Trockendock erforderlich, — und in Swinemünde auch vorhanden — in welchem das schwimmende Dock selbst gedockt werden kann. Der grosse Vortheil des Schwimmdocks besteht in der grossen Leistungsfähigkeit, denn da die Versenkung des Docks genau dem Tiefgang des Schiffes angepasst wird, so erfolgt die Hebung kleiner Schiffe mit grosser Schnelligkeit in 2 bis 3 Stunden, während bei einem Trockendock das Auspumpen um so länger dauert, je kleiner das zu dockende Schiff ist.

Man theilt ein schwimmendes Dock wohl der Länge nach in zwei bis drei selbständige Abtheilungen, die entweder einzeln zum Docken kleiner Fahrzeuge oder verbunden für grössere Schiffe dienen. Es hat dies den Vortheil eine Abtheilung in den anderen docken zu können und so die Unterhaltung zu erleichtern, doch ist die Anordnung für die zu reparirenden Schiffe nicht vortheilhaft, da die Verbindung der Dockabtheilungen nicht steif genug ist um das Fahrzeug namentlich bei etwas unruhigem Wasser gleichmässig zu unterstützen.

In dieser Hinsicht ist Janicki's schwimmendes Dock unbedingt vorzuziehen. Dasselbe besteht aus 4 eisernen Pontons, welche zu beiden Seiten durch starke Träger verbunden sind, auf welchen oben eine Plattform ruht. Die Pontons sind unten offen, werden also nicht leer gepumpt, sondern durch comprimirte Luft leer gedrückt. Damit die Luft nicht, wenn das Ponton ganz gehoben ist, unten am Rande desselben entweicht, wobei durch die im Wasser entstehenden Wirbel Schwankungen erzeugt werden würden, sind in den Pontons offene verticale Röhren angebracht, deren unteres Ende nicht ganz so tief hinabreicht wie das übrige Ponton, so dass die Luft durch diese Röhren entweicht und der Rand des Pontons stets unter Wasser bleibt. Das Einpressen der Luft erfolgt durch eine Dampfmaschine,

welche auf einem besonderen Fahrzeug steht. Um das Dock, wenn es nicht benutzt wird, flott zu erhalten, ohne stets pumpen zu müssen, und um die Stabilität zu vermehren, sind die Pontons an den Seiten mit wasserdichten Abtheilungen versehen. Die Vortheile des Docks bestehen ausser der erwähnten Steifigkeit in der Ersparung von Eisen bei der Herstellung und in der daraus entspringenden Verminderung der zu hebenden todten Last, wodurch ein rascherer Betrieb ermöglicht wird.

Aehnlich construirt ist das Röhren-Schwimmdock von Clarke. Der Boden besteht aus 8 horizontalen Röhren, welche etwas länger als das zu dockende Schiff sind und durch eisernes Gitterwerk verbunden werden. An jeder Seite sind 12 bis 14 verticale Röhren aufgestellt und mit einer Plattform versehen. Alle Röhren sind in eine grosse Zahl von Zellen getheilt. Das Wasser wird durch comprimirte Luft, die in verticalen Windkesseln gesammelt wird, ausgepresst.

Das Schraubendock hat wie das schwimmende den Zweck, die Schiffe senkrecht zu heben. Es besteht aus vier parallelen Pfahlreihen, von denen je zwei nahe bei einander geschlagen eine Doppelreihe bilden, die durch Zangen gehörig verbunden und oben mit 2 starken Holmen versehen sind. Die Doppelreihen bilden die Seiten des Docks und stehen um etwas mehr als eine Schiffsbreite von einander. Auf den Holmen sind eiserne Schienen befestigt, und auf diesen zwei fest miteinander verbundene, den Holmen gleiche und ihrer Lage entsprechende Hölzer auf untergelegten Rollen verschiebbar. Zwischen den Holmen jeder Doppelreihe und ebenso zwischen den Längsbalken des verschiebbaren Wagens liegen in Entfernungen von etwa 1^{m} starke eiserne Rollen, deren Zapfenlager in die Holme und Längsbalken eingelassen sind. Hinter jeder Rolle des Wagens ist eine starke Schraubenmutter befestigt, und in dieser eine Schraube drehbar, von deren Kopf eine Kette über die nächste obere und die darüber befindliche Rolle zwischen den Holmen herabhängt. Diese Ketten können demnach auf doppelte Weise aufwärts gezogen werden, einmal indem man die Schraube anzieht, das andere Mal durch Verschiebung des ganzen Wagens. Quer durch das Dock liegen Balken, deren Enden von den herabhängenden Ketten getragen werden. Auf den Querbalken sind Schienen angebracht, auf welchen Keile zur seitlichen Unterstützung des Schiffes durch Zugleinen bewegt werden können.

Nachdem ein Schiff über die hinabgesenkten Querbalken gebracht ist, werden die einzelnen Ketten durch das Umdrehen der Schrauben so angezogen, dass der Schiffskiel in seiner ganzen Länge durch die Querbalken gleichmässig unterstützt ist. Dann werden die Seitenkeile unter den Boden des Schiffes gepresst, so dass es nicht umfallen kann, und nun wird der ganze Wagen durch starke hydraulische Pressen auf beiden Seiten des Docks gleichmässig vorwärts gerollt, bis das Schiff gehoben ist.

Diese Docks sind bislang nur in Nordamerika zur Ausführung gekommen und bereits durch dauerhaftere und vollkommenere Constructionen überholt. Besonders durch das eigentliche hydraulische Dock.

Das von Clarke erfundene hydraulische Dock, welches in den Victoria-Docks zu London erbaut ist, (Fig. 3, 4 und 6, Taf. LXV) besteht aus zwei parallelen Reihen einander gegenüber stehender gusseiserner Säulen, die in einem dem Fluthwechsel nicht unterworfenen Bassin versenkt sind und in ihrem über der Sohle liegenden Theile je eine hydraulische Presse umschliessen. Die Pressen werden von einer gemeinschaftlichen Druckpumpe gespeist und durch drei Gruppen von Hähnen regulirt. Je zwei gegenüber liegende Presskolben tragen an Ketten einen armirten Balken. Wenn ein Schiff gehoben werden soll, so wird ein der Grösse desselben

entsprechendes Ponton, das mit Schützen oder Ventilen zum Ein- und Auslassen des Wassers versehen ist, zwischen die Säulen auf die Balken gebracht und durch eingelassenes Wasser so beschwert, dass es sich auf die Balken setzt, die sodann durch Ablassen von Wasser aus den Cylindern der Pressen so tief gesenkt werden, bis das Ponton tiefer als der Kiel des zu dockenden Schiffes liegt. Das Ponton wird nun mit Hülfe der Steuerungshähne der Pressen genau ins Gleichgewicht gebracht, das Schiff übergeholt und die Pressen fangen an zu heben, wobei zugleich die Seitenschlitten unter das Schiff gezogen werden.

Soll nun das Schiff nicht nur besichtigt sondern auch reparirt werden, so wird auch das Ponton soweit über Wasser gebracht, dass genügend Wasser aus ihm abläuft um das Schiff selbst frei tragen zu können Zu diesem Zweck ist das Ponton wie die schwimmenden Docks in einzelne Zellen getheilt, deren Füllung mit Wasser genau justirt werden muss, da einestheils der Schwerpunkt des Pontons auch bei sorgfältigster Ausführung niemals genau mit dem des verdrängten Wassers zusammenfällt und auch das Schiff niemals absolut genau in der Mitte des Pontons liegen wird. Wenn letzteres ausbalancirt ist, so bugsirt man es mit dem Schiff in ein der Grösse und dem Tiefgang des Pontons angemessenes Bassin, so dass das Schiff, über dem Terrain stehend der Luft ausgesetzt, schnell trocknet und vollkommen zugänglich ist. Man legt, wie dies in Fig. 5 angedeutet ist, solche flache Bassins zweckmässig an den Umfang eines halbkreisförmig gestalteten Hauptbassins und macht sie von verschiedener Grösse, so dass ein gehobenes Schiff mittelst des Pontons, wie mit einer schwimmenden Drehscheibe, auf einen seinen Dimensionen entsprechenden Stand gefahren werden kann. Ponton und 16 Querbalken wiegen rot. 1440^{T}.

In den Victoria-Docks werden Schiffe bis zu 4000^{T} Gewicht gehoben. Die ganze Vorrichtung mit allen Vorbereitungen dauert nur 2 bis 3 Stunden. Die Hebung allein etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde. Die Dampfmaschine besitzt dort 50 Pferdekraft und treibt 12 Druckpumpen, welche auf 32 Pressen wirken. Je weniger Pumpen man in Thätigkeit setzt, desto grösser ist der auf sie entfallende Theil der vorhandenen Triebkraft und desto grösser kann die zu hebende Last sein. Bei schweren Schiffen lässt man die 12 Pumpen daher nur zu Anfang wirken und sperrt dann nach und nach einige ab. Die 32 Pressen haben im Ganzen $1{,}62\,\square^{m}$ Fläche; der grösste Druck ist ca. 400 Atm.

Bei dem hydraulischen Dock werden demnach die Seitenkasten des Schwimmdocks, welche bei diesem zum Ausbalanciren des versenkten und im Aufsteigen befindlichen Bodenkastens unbedingt erforderlich sind, durch die Säulenreihen ersetzt, und die Hebung rascher bewirkt als durch Auspumpen oder durch Auspressen des Wassers.

Die Kosten der Anlage und Unterhaltung des hydraulischen Docks sind jedenfalls erheblich höher als die des Schwimmdocks.

2) Hebung und Fortbewegung in der Längenrichtung. Bei allen bisher besprochenen Constructionen schwimmender oder hydraulischer Docks wird das Schiff auf dem Ponton, mittelst dessen es gehoben wurde, auch reparirt, und letzteres ist während der Dauer der Reparatur für andere Schiffe nicht verwendbar. Man hat daher Dockanlagen ausgeführt, durch welche ein Fahrzeug erst gehoben, dann aber in der Längenrichtung auf Schleifbahnen ans Ufer gezogen und dort reparirt wird, während das Dock inzwischen beliebig für andere Schiffe benutzt werden kann.

Die erste derartige Anlage ist im Hafen von Pola und zwar für grosse Kriegsschiffe bis zu 5300^{T} Gewicht ausgeführt. Das Schiff wird mittelst eines Gilbert'schen Balance-Docks gehoben, dieses

Dock sodann in ein durch ein Ponton verschliessbares Bassin geholt und soweit gesenkt, dass es auf dem Boden des Bassins aufruht. Endlich wird das Schiff von dem Dock auf eine an das Bassin stossende Schleifbahn gezogen. Auf umgekehrte Weise wird es wieder ins Wasser gebracht. Um die Anlage gehörig auszunutzen, sind zwei Schleifbahnen von solcher Länge hergestellt, dass auf jeder zwei Linienschiffe hintereinander Platz haben. Da das schwimmende Dock ausserdem zur Reparatur eines 5. Schiffs benutzt werden kann, so leistet eine solche Anlage so viel wie 5 Trockendocks oder Schwimmdocks und gewährt ausserdem den Vortheil, dass bei Schiffen, welche auf den Schleifbahnen etwa nur erbaut sind, der für grosse Schiffe immer nachtheilige Stapellauf erspart wird.

Aus Fig. 1 und 2, Taf. LXV ist die Anlage ersichtlich. Das schwimmende Dock ist noch ganz von Holz construirt. An jeder Seite befindet sich eine Druckpumpe von 50 Pferdekraft mit je 7 Pumpen. Das Dock wiegt 4650^{T}, das zum Balanciren im Bodenkasten erforderliche Wasser 450^{T}, das Schiff 5300^{T}, zusammen 10400^{T}. Bei 100^{m} Länge und 30^{m} Breite muss das Dock also rund $3^{m},5$ eintauchen, wenn es voll belastet ist.

Das Bassin ist nur um etwas länger als das Dock, die lichte Weite entspricht der Entfernung der Schleifbahnen von einander. Die Tiefe der Sohle ist so gewählt, dass das Dock bei kleinster Fluth noch $0^{m},2$ Spielraum unter dem Boden hat. Der Verschluss des Bassins erfolgt durch ein $37^{m},5$ weites eisernes Schwimmthor. Die Sohle ist durch $0^{m},3$ starke Quaderplatten, welche 2,5 bis 4^{m} breite Längsstreifen bilden und auf eingerammten Pfählen ruhen, gebildet. Es kann der Wasserspiegel im Bassin durch eine 40pferdige Dampfmaschine mit 4 Pumpen beliebig gesenkt und bei Reparaturen am Schwimmdock das ganze Bassin trocken gelegt werden.

Um das Schiff aufschleppen zu können wird unter demselben auf dem Dockboden eine Schleifbahn mit einem Schlitten und der beim Ablauf gebräuchlichen Wiege (siehe § 15) hergestellt, das Gewicht des Schiffes durch Keile auf den Schlitten übertragen, dann werden die Kielblöcke entfernt.

Die beiden Schleifbahnen steigen nach dem Lande zu um etwa $1^{m},5$ an. Sie bestehen aus 3 doppelten, glatt behobelten Eichenbalken, von denen die äusseren $3^{m},5$ von dem mittleren entfernt liegen. Die so gebildete Bahn ruht am untersten Ende auf Pfählen, weiter oben, wo der Baugrund besser war, auf Beton resp. Mauerwerk. Zu beiden Seiten der äusseren Längsbalken liegen ebenfalls sicher unterstützte, etwa 6^{m} lange Querbalken in 2^{m} Entfernung von einander, gegen welche das aufs Land gezogene Schiff abgestützt wird. Den drei Balkenreihen der Schleppe entsprechen die drei Längsbalken des, wie erwähnt, unter dem Schiff zusammenzusetzenden Schlittens, welcher dasselbe mit seiner Wiege trägt.

Das Hinaufziehen der Schiffe geschieht mittelst einer, durch eine Dampfmaschine getriebenen, hydraulischen Presse, welche sammt dem Dampfkessel auf besonderen mit Drehscheiben versehenen Schleifbahnen aus dem Maschinenhause herangebracht wird. Der mit seitlichen Lappen versehene Presscylinder kann an jeder Stelle der Schleifbahn mit deren Mittelbalken durch horizontale Splinte fest verbunden werden. Der Kopf des Presskolbens dagegen wird mit dem Kopf des Schlittens, auf welchem das Schiff ruht, verbunden und zieht, sobald die vorhandenen 5 Pumpen aus einem unter dem Dampfkessel angebrachten Reservoir Wasser in den Cylinder drücken, den Schlitten aufwärts nach sich. Wenn der Kolben um $2^{m},5$ herausgeschoben ist, wird sein Kopf befestigt, der Cylinder gelöst und nachdem das Wasser aus letzterem in das Reservoir zurückgeleitet ist, die Kolbenstange gedreht. Diese Stange ist aber mit einem flachen Schraubengewinde versehen, während der Cylinder die zugehörige Schraubenmutter enthält. Da der Kopf der Kolbenstange fest ist, so muss in Folge der Drehung der Cylinder sich aufwärts bewegen, bis der Kolben seinen tiefsten Stand im Cylinder wieder erreicht hat und dieser nun wieder an den Balken befestigt wird. So wird abwechselnd der Kolben hinaufgeschoben und der Cylinder nachgezogen, und mit ihnen Schlitten und Schiff, bis letzteres den auf der Bahn bestimmten Platz einnimmt, wo es abgestützt wird, während Wiege und Schlitten zurückgehen um anderweit benutzt zu werden.

Die ganze Anlage hat kaum 2 Millionen Mark gekostet. Die Anzahl der Schleifbahnen kann eventuell vermehrt werden. In Carthagena sind z. B. deren drei vorhanden. Eine ähnliche Anlage wird zur Zeit in Danzig ausgeführt.

3) Hebung des Schiffes und Fortbewegung in der Querrichtung. Namentlich an solchen Orten, wo eine ausgedehnte Kailänge zur Verfügung steht und wo ein ziemlich constanter Wasserstand und ruhiges Wasser vorhanden ist, wird man vortheilhaft von dem Rost-Dock Gebrauch machen können. Dasselbe wurde zuerst von Clarke und Stanfield für die russische Marine construirt, um die neuen

runden Panzerschiffe derselben von 30 bis 36^m Durchmesser, welche in keinem Dock Platz fanden, docken zu können. Da jedoch für die grosse Mehrzahl der Schiffe ein Dock von der halben Weite genügt, so machte man es der ganzen Länge nach theilbar, und construirte jede Hälfte so, dass sie für sich allein als selbständiges Dock für gewöhnliche Schiffe benutzt werden kann. Eine solche Hälfte des in Nikolajeff, dem russischen Kriegshafen, erbauten Docks ist in Fig. 12 u. 13 dargestellt.

Der Dockboden besteht aus einer Anzahl Pontons von viereckigem oder rundem Querschnitt, die parallel zu einander in bestimmten Abständen rechtwinklig zur Längsachse des Docks liegen. An ihrem einen Ende sind sämmtliche Querpontons mit einem bedeutend höheren Längsponton verbunden, welches, wenn es mit Wasser gefüllt wird, durch sein Gewicht die Querpontons zum Sinken bringt, was ohne solche Belastung nicht geschehen würde, da diese Pontons zwar auch mit Wasser gefüllt werden, jedoch immer noch so viel Luft in abgeschlossenen Kammern besitzen, dass sie unter allen Umständen schwimmen. Das Längsponton ist wiederum so mit Luftkammern versehen, dass es, wenn das Dock am tiefsten versenkt ist, noch 2 bis $2^m,5$ über der Wasserfläche hervorragt. Dasselbe enthält eine grössere Anzahl von Zellen, so dass man durch willkürliche Regulirung des in diese Zellen eingelassenen Wasserballastes die Bodenpontons auch unter Wasser in der richtigen Lage zu erhalten vermag, wenn ein nicht genau in der Mitte der Pontons stehendes Schiff Schwankungen erzeugen sollte. In dem Seitenponton befinden sich auch die Maschinen und Pumpen.

Um jedoch der Dockhälfte einen stabileren Querschnitt zu geben ist an der Aussenseite des Längspontons ein Gegengewicht angebracht, das aus zwei breiten flachen Pontons besteht, die unter sich durch Gitterwerk zu einem Schwimmer verbunden und mit Ballast entsprechend beschwert sind. Sie tragen eine Reihe von Pfosten und sind durch zwei parallele Gelenkstangen mit der Dockwand verbunden, so dass eine Parallelführung entsteht, welche die senkrechte Stellung des Längspontons sichert.

Zur Hebung des Schiffes reicht das Auspumpen der Querpontons aus; das Seitenponton trägt in keiner Weise dazu bei, es sind jedoch die Ventile desselben geöffnet, so dass das in ihm vorhandene Wasser durch eigenes Gewicht ablaufen kann.

Wenn das Schiff gehoben ist, ist die Stabilität der Querpontons so gross, dass der das Gegengewicht bildende Schwimmer entfernt werden kann, was jedoch nur von Nutzen ist, wenn etwa das Dock mit dem Schiff durch irgend eine schmale Durchfahrt nach der Stelle geholt werden müsste, an welcher jetzt die Absetzung des Fahrzeugs aufs Ufer erfolgen soll.

Die Verschiebung des Schiffes in der Querrichtung wird nun dadurch erreicht, dass das Ponton in dieser Richtung nach dem Lande verholt wird, wobei die Pontons sich zwischen Pfahlreihen schieben, die den Zwischenräumen des Pontons genau entsprechen (siehe Fig. 14 u. 15). Wenn man nun das Dock ein wenig senkt und das Gewicht des Schiffes durch entsprechende Unterlagen auf die Holme der Pfahlreihen überträgt, so kann das Dock wieder entfernt und anderweit benutzt werden.

Da die Entfernung der Pfahlreihen untereinander in manchen Fällen zu gross sein wird, um den Kiel des Schiffes genügend zu unterstützen, so legt man in solchem Falle auf die Querpontons zunächst starke Längsträger, oder eine vollständige Plattform, auf der dann das Schiff ganz nach Bedarf abgestützt werden kann. Die Plattform kann schliesslich noch mit Seitenwänden versehen werden, gegen welche dann auch horizontale Steifen gestellt werden können, in allen Fällen werden aber Träger der Plattform mit dem Schiff auf der Pfahlrüstung abgesetzt.

Bei dem Dock in Nikolajeff ist das Längsponton 85^m lang, $13^m,5$ hoch und $3^m,7$ breit. Es besteht aus 3 Längen von je 30,30 und 25^m. Die Querpontons sind 22^m lang, $5^m,5$ tief, $4^m,6$ breit und $1^m,5$ von einander entfernt.

Dass dieses Dock ungewöhnliche Vortheile hat, liegt auf der Hand. Man kann die einzelnen Abtheilungen, welche etwa 30^m Länge und 22^m Breite haben für kleine Fahrzeuge selbständig benutzen, wenn man sie aber der Länge nach zusammensetzt die längsten Schiffe heben und aufs Trockne stellen, um nach wenigen Stunden die Pontons der Breite nach zu verbinden und Fahrzeuge von so ungewöhnlicher Breite zu docken, dass andere Docks, wenn sie für solche Fälle construirt werden müssten, ausserordentlich vertheuert werden würden. Es ist jedoch namentlich ein constanter Wasserstand erforderlich, weil sonst die Querpontons zu grosse Höhen erhalten müssten, wenn bei niedrigem Wasserstande Schiffe abgesetzt werden sollten.

Endlich kann ein Schiff

4) durch Hebung und gleichzeitige Fortbewegung d. i. durch Aufschleppen trocken gelegt werden.

Bei kleinen Fahrzeugen, Booten, Yachten u. s. w. schiebt man wohl nur eine starke mit zwei seitlichen Führungsleisten versehene Planke unter den Kiel des Schiffs, um die Reibung zu verringern, und zieht dasselbe mit Flaschenzügen und Winden an irgend einer Stelle des flachen Strandes auf.

Grössere Schiffe werden auf den Hellingen aufgeschleppt und benutzt man dazu den gewöhnlich 1 bis 2^m unter Wasser hinabreichenden Gleitbalken, auf welchem auch der Kiel des vom Stapel laufenden Schiffes ruht. Oben am Kopfe des Hellings sind starke Gangspills aufgestellt, so dass man im Stande ist eine grosse Anzahl von Menschen in Thätigkeit zu bringen. Die Schleppe wird mit Talg und Seife möglichst geglättet, und so ist das Verfahren bei leichten Fahrzeugen einfach und billig. Vortheilhaft für das Schiff ist es jedoch nie, da es nicht möglich ist die Wände desselben während des Aufschleppens auch nur annähernd in der Weise abzustützen, wie dies bei dem schwimmenden Schiffe vom Wasser geschieht, weshalb Formveränderungen unvermeidlich sind.

Man hat früher Schiffe von 1000 bis 1500 Tonnen Gewicht in dieser Weise aufgeschleppt, selbstverständlich mit ausserordentlichen Kosten, da mehr als 1000 Menschen hierzu erforderlich waren, und alles Tauwerk so beansprucht wurde, dass es für ähnliche Zwecke nicht wieder zu benutzen war. Die auszuübende Zugkraft betrug etwa $^1/_6$ des Schiffsgewichts, wovon $^1/_{12}$ auf Ueberwindung der Reibung, $^1/_{12}$ bis $^1/_{16}$ auf die eigentliche Hebung des Schiffes kam, je nachdem der Helling eine 12 bis 16 fache Neigung hatte. Es war daher eine bedeutende Verbesserung, als durch Morton zuerst ein vollständiges Eisenbahngleise mit niedrigem Wagen zum Aufschleppen benutzt, und die Reibung dadurch auf etwa $^1/_{40}$ verringert wurde. Obgleich ausserdem der Wagen auch eine bessere Abstützung des Schiffes ermöglicht, so bleibt doch das Aufschleppen immer nur für kleinere oder höchstens mittlere Schiffe anwendbar, und immer nur da empfehlenswerth, wo ein Dock nicht existirt. Freilich ist eine Schleppe erheblich billiger, als ein Dock und kann es, namentlich wenn ein geeigneter Helling bereits vorhanden ist, immerhin sehr vortheilhaft sein eine Schleppe auf demselben herzustellen.

Zur Fortbewegung des Wagens werden vorzugsweise hydraulische Maschinen angewandt, nach Art der oben beschriebenen, bei dem Dock in Pola vorhandenen Construction. Da dieselben jedoch den Nachtheil haben, dass nach jedem Hube des Kolbens eine Zugstange der Kette ausgelöst werden muss, was sehr umständlich ist und durch die beim jedesmaligen Wiederanrücken erfolgenden Stösse auf Wagen und Schiff sehr unvortheilhaft wirkt, so werden sie in neuerer Zeit durch wesentlich verbesserte Maschinen ersetzt. Dieselben bestehen aus vier auf dem oberen Kopfe der Schleppe fest fundirten horizontalen Pressen, von denen je zwei und zwei zusammen auf einen Kreuzkopf wirken. Die beiden Kreuzköpfe bewegen sich hintereinander genau über der Gliederkette, an welcher der Wagen mit dem Schiffe hängt. Auf jedem Kreuzkopf befindet sich eine Einrückvorrichtung, durch welche ein Splint in die Kette eingreift. Wenn nun der erste Kreuzkopf sich um die Länge des Kolbenhubes fortbewegt, und der betreffende Splint die Kette um so viel fortgezogen hat, so greift der Splint des zweiten Kreuzkopfs ein, der Wasserdruck wird durch selbstthätige Steuerung hinter das zweite Kolbenpaar gebracht und indem dieses zur Wirkung kommt, löst sich der Splint des ersten Kreuzkopfes, der nun lose wird, aus, um wieder eingeschoben zu werden, sobald die Kette wieder um ein Glied fortgezogen ist. In dieser Weise wird eine continuirliche Bewegung hergestellt, und sind derartige Maschinen in Spezia, Portsmouth, Lissabon und a. O. zur Anwendung gebracht.

Da eine solche Schleppe soweit unter den niedrigsten Wasserspiegel, bei welchem aufgeschleppt werden soll, hinabreichen muss, dass der Wagen unter das schwimmende Schiff gebracht

werden kann, so ist man leicht auf den Gedanken gekommen, diesen unter Wasser liegenden Theil durch Seitenmauern einzufassen und vorn durch ein Thor abzuschliessen, wodurch man dann ein Trockendock mit dahinter liegender Schleppe erhält. So ist es z. B. in Triest der Fall. Der Wagen besteht, wie Fig. 9 und 10 auf Taf. LXV zeigen, aus sechs eichenen Längsbalken, an welchen die Zapfenlager der Rollen befestigt sind. Die beiden mittleren Balken, welche die Hauptlast des Schiffs tragen, sind mit einer doppelten Reihe von Rollen versehen, während die übrigen nur den Druck der das Schiff stützenden Seitensteifen erhalten und daher nur eine Reihe von Rollen besitzen, die ausserdem in grösserer Entfernung von einander angebracht sind. Die Rollen haben 25^{cm} Durchmesser. Sie laufen auf Schienengleisen. Zwischen den Mittelschienen liegt eine Zahnstange, in welche Sperrhaken einfallen und so das Zurücklaufen des Wagens verhindern. In ähnlicher Weise sind die auf den Querbalken des Wagens verschieblichen Seitenschlitten oder Keile mit Sperrhaken und Zahnstangen versehen, werden übrigens in der üblichen Weise an das Schiff herangeholt.

Die Kette, an welcher der Wagen aufgezogen wird, besteht aus doppelten, rund 6^{m} langen Stangen von 8^{cm} starkem Rundeisen, welche in eine Kette ohne Ende eingehakt werden, die durch eine 30 pferdige Dampfmaschine mit bedeutender Uebersetzung bewegt wird. Sobald das Schiff um die Länge einer solchen 6^{m} langen Stange fortgezogen ist, wird diese durch einen besonderen Krahn abgehoben und zur Seite gelegt. Die Fortbewegung ist also auch hier eine continuirliche.

Vergleich der Reparaturanstalten unter sich. Es ist im Allgemeinen nicht möglich einer der beschriebenen Reparaturanstalten den unbedingten Vorzug vor den anderen zu geben. In Kürze lässt sich Folgendes sagen:

Trockendocks eignen sich besonders für grosse eiserne Schiffe, in Häfen mit Ebbe und Fluth. Sie sind zwar theuer in der Anlage, jedoch billig in der Unterhaltung und sehr einfach zu bedienen, für Kriegshäfen daher sehr geeignet.

Schwimmende und hydraulische Docks erfordern möglichst ruhigen gleichmässigen Wasserspiegel. Sie sind billiger in der Anlage, jedoch theurer in der Unterhaltung als Trockendocks und eignen sich ganz besonders für Holzschiffe geringer oder mittlerer Grösse, wegen der Schnelligkeit des Dockens und der Möglichkeit die Schiffe nach der Hebung aufs Trockne zu setzen, sind also in Häfen mit starkem Verkehr sehr zu empfehlen.

Schleppen sind billig und für hölzerne Schiffe wegen der freien Luftcirculation vortheilhaft, übrigens bei grossen Fahrzeugen sehr schwierig zu bedienen und in der Unterhaltung der Maschinen, Wagen, Ketten u. s. w. theuer.

§ 17. Verflachung der Häfen. Erhaltung der Tiefe im Allgemeinen. Fast alle Hafenflächen leiden mehr oder weniger an einer Abnahme der ursprünglichen Tiefe und es ist offenbar für den Zweck des Hafens eins der wichtigsten Erfordernisse, dass die Tiefe nirgends und besonders nicht in der Einfahrt unter das für die Schiffahrt nothwendige Maass hinab geht. Die Mittel hierzu sind hauptsächlich Strömung und Baggerung und sollen in den folgenden Paragraphen näher besprochen werden. Zwar erst nach genauer Kenntniss der einzelnen Mittel und ihres Wirkungsgrades wird man im Stande sein das in jedem Falle Geeignetste zu ergreifen um nicht etwa übermässige oder nutzlose Kosten aufzuwenden. Es ist jedoch vorher nothwendig die verschiedenen Arten und Ursachen der Ablagerungen, sowie die allgemeinen Bedingungen für ihre Beseitigung kennen zu lernen. Ausserdem wird man bei jeder Art der Ablagerung vor allen Dingen zu fragen haben, ob sie nicht etwa ganz oder theilweise durch geeignete Maassregeln vermieden werden könnte.

Die verschiedenen Ursachen sind nun: das Hineinwehen von Sand und Staub, das Fallenlassen von Ballastmassen, Kohlenschlacken u. s. w. von den Schiffen, die Einmündung von künstlichen oder natürlichen Wasserläufen vom Lande her, und endlich die von Aussen her eintretenden Strömungen.

Die erstgenannten beiden Ursachen sind grossentheils durch Vorsichtsmaassregeln unschädlich zu machen. Denn die etwa aus feinem Sand u. s. w. aufgeschütteten, dem Verkehr im Hafen dienenden Lagerflächen können, wenn auch mit einigen Kosten, durch Grand, Steinkohlenschlacken und unter Umständen durch lehmige Erde in dünner Schicht überdeckt und dadurch vor dem Verwehen geschützt werden. Sandflächen, welche etwa unbenutzt neben dem Hafen liegen, sollten unbedingt thunlichst bepflanzt werden und zwar die eigentlichen Strandflächen mit Hülfe der in Cap. XV angegebenen Dünenpflanzen. Endlich kann durch hafenpolizeiliche Vorschriften alles missbräuchliche Fallenlassen von zu Boden sinkenden Stoffen bis auf ein nicht zu vermeidendes Minimum reducirt werden.

Weniger einfach und leicht ist es unter Umständen, das Hineintreiben der von Binnen kommenden Einschwemmungen zu verhindern. Es gilt zwar in neuerer Zeit als sanitäre Regel, keine Unrathcanäle, Strassengossen u. s. w. in stehende Wasserflächen einmünden zu lassen. Freilich war dieses Verfahren bis vor Kurzem ebenso wie bei Binnenstädten so auch bei Häfen mit abgeschlossenen Bassins fast ungehindert im Gebrauch. Neben schädlichen Ablagerungen waren lästiger Gestank und das Auftreten dauernder Krankheiten oder kurzer aber heftiger Epidemien die Folge dieser Sorglosigkeit. So litten noch bis vor wenig Jahren Hamburg, Amsterdam und mehrere andere Städte durch das Einmünden aller Unrathscanäle in die periodisch ganz geschlossenen und nur kurze Zeit bei einer sehr schwachen Ausströmung geöffneten Fleethe oder Grachten, welche sich durch einen grossen Theil jener Städte zogen und von den eigentlichen Haupthäfen aus für kleine Fahrzeuge, Prahmen u. s. w. den Zugang zu den im Innern der Stadt liegenden Speichern bildeten. In der erstgenannten Stadt ist durch die vollständig durchgeführte Canalisation, welche durch das sogen. Geest-Stammsiel in die offene Elbe mündet, gründliche Abhülfe geschaffen, während man in Amsterdam wenigstens durch Anwendung des Liernur'schen Systems die menschlichen Excremente von jenen Wasserflächen fern zu halten begonnen hat. Bei allen neueren Dockbassins wird man jetzt wohl unbedingt die Schmutzcanäle direct bis in das offene Wasser oder wie z. B. bei Danzig geschehen auf eine geeignete Fläche zur einträglichen Berieselung leiten, und mag es nur bei offenen und genügend durchströmten Häfen als zulässig gelten, solche Canäle darin münden zu lassen. Wenn dieselben aber ausser Unrath noch schwere Stoffe wie Sand u. s. w. abführen, so wird mindestens durch besondere Untersuchungen und Kostenvergleichung zu erwägen sein, ob nicht eine anderweitige Abführung solcher Stoffe zweckmässiger sein würde.

Weit grössere Sand- und Schlammassen als künstliche Canäle können natürliche Wasserläufe dem Hafen zuführen. Wo nicht der Hafen als offener Hafen von einem grösseren Fluss durchströmt wird, wie z. B. der Swinemünder Hafen sowie ein grosser Theil des alten Hamburger Hafens, oder wo nicht etwa ein grösserer Binnensee durch zeitweiliges Steigen und Fallen seines Spiegels auch einem kleinen durch den Hafen gehenden Fluss die nöthige Strömung verleiht (siehe folgenden Paragraph), sollten kleinere Flüsse und Bäche wenn irgend möglich von dem Hafen getrennt werden. Erscheint dies aus localen Rücksichten zu kostspielig, so ist wenigstens anzustreben, dass die vom Binnenlande kommenden Sinkstoffe nicht erst in den tieferen Hafen gelangen, sondern schon vorher in seichteren Bassins aufgefangen werden. Denn die Kosten der Beseitigung wachsen mindestens im Verhältnisse der Tiefe und es erfordert oft nur sehr geringe Kosten ein flaches Bassin von Zeit

zu Zeit wieder zu vertiefen, während die entsprechende Vertiefung eines Hafens nicht allein ungleich theuerer, sondern für den Verkehr sehr viel lästiger sein würde. Derartige Bassins lassen sich ferner oft mit Nutzen als Holzhäfen u. s. w. verwerthen. Dass ausserdem durch alle geeigneten Mittel z. B. durch Uferdeckungen u. s. w. der fragliche Fluss selbst möglichst frei von beweglichen Sandmassen gehalten werden muss, erscheint wohl selbstverständlich.

Bei Weitem am schwierigsten zu verhindern ist unter Umständen das Eintreiben der Sinkstoffe von Aussen. Wie aus Cap. XIV und XV hervorgeht sind die meisten Meere an ihren Küsten schlickhaltig. Wo sich nun täglich die Wassermenge der Hafenbassins zweimal erneuert, muss sich an allen nicht von starker Strömung getroffenen Stellen unfehlbar Schlick ablagern. So namentlich in den Vorhäfen und Halbtidehäfen. In diesen erreicht die Ablagerung eines Jahres oft mehr als 1^{m} Höhe, wobei sie fast stets an den Ufern höher als nach der Mitte hin ist, entsprechend der ein- und ausgehenden Strömung. Die eigentlichen Dockbassins werden offenbar viel geringer von dieser Plage getroffen, weil bei jeder Oeffnung der Dockschleuse, etwa eine halbe Stunde vor und nach Hochwasser, der Wasserwechsel nur gering ist (siehe Fluthcurven) und dementsprechend auch die Zufuhr neuen Schlicks. Sodann ist die Menge des im Wasser suspendirten Schlicks verhältnissmässig während des Hochwassers weit geringer als um die Zeit des Niedrigwassers. An manchen Tagen des Jahres werden ausserdem, wenn das eine Hochwasser in die Nachtzeit fällt, die Schleusen nicht einmal geöffnet. Trotzdem ist aber die Aufschlickung auch in den Dockbassins derartig, dass sie ohne Nachtheil kaum länger als ein Jahr ungeschwächt fortdauern könnte. Es kommt nämlich noch hinzu, dass der Schlick nicht ganz gleichmässig liegen bleibt, sondern durch das Wenden tiefgehender Schiffe und die Bewegung grosser Schiffsschrauben oft an einzelnen Stellen aufgewühlt und an anderen dafür haufenweise niedergelegt wird.

Es ist nun ohne Weiteres einleuchtend, dass man bei ruhigem Wasser den Schlickfall nicht weiter abschwächen kann als dadurch, dass man die Erneuerung des Wassers möglichst selten gestattet. Es ist dies ein wesentlicher Grund, weshalb an sehr schlickhaltigen Gewässern statt offener Häfen Dockhäfen vortheilhafter sind. Am nachtheiligsten bleibt der Schlickfall daher in grossen Vorhäfen und namentlich in langen Aussenfahrwassern.

Die eigentliche Versandung der Häfen von Aussen hat wesentlich andere Ursachen als die Verschlickung, und kann nur da eintreten, wo zeitweilig oder dauernd ein starker Strom in die Mündung tritt. Man kann dabei wohl annehmen, dass eine eigentliche Durchströmung des ganzen Hafens sich meistens durch geeignete Mittel wird vermeiden lassen. Doch kommt auch dieses vor z. B. bei Swinemünde, wo zuweilen einige Tage lang der Strom von der See durch den ganzen Hafen hindurch in das grosse und kleine Haff eingeht und dabei auf über 20^{Km} Länge augenscheinlich Seesand mit einführt. Aber selbst wenn die Strömung nur den vorderen Theil der Mündung oder der Einfahrt, sowie namentlich auch das Aussenfahrwasser versanden lässt, entsteht daraus eine wesentliche Gefahr für den Schiffahrtsbetrieb. Es ist bei Besprechung der Lage, Richtung und Form der Einfahrt dasjenige angegeben, was zur Abwendung dieser Versandung zu thun und zu vermeiden ist.

Es fragt sich nunmehr noch, wie die unvermeidlich in die einzelnen Hafentheile gelangenden Sinkstoffe, nachdem sie bereits gewisse Verflachungen bewirkt haben, am geeignetsten entfernt werden können.

Man kann hierauf im Allgemeinen antworten, dass grössere und namentlich breitere Hafenflächen wohl stets nur durch Baggerung, und nur im Falle einer mächtigen natürlichen Strömung auch durch diese aufgeräumt werden können, dass natürliche Strömung bei längerer Dauer und grösserem Wasserquantum ungleich wirksamer als künstliche Spülung ist, und dass diese letztere nur da am Platze zu sein scheint, wo die beiden anderen Mittel nicht oder nur mit unverhältnissmässigen Schwierigkeiten zu Gebote stehen, dass sie aber bei der kurzen Dauer und dem geringen disponibeln Wasserquantum überall nur für verhältnissmässig sehr kleine Querprofile von Nutzen sein kann.

In dem folgenden Paragraphen sind die natürliche Strömung und die künstliche Strömung, letztere auch wohl im engeren Sinne Spülung genannt, in ihren einzelnen Bedingungen und Erscheinungen besprochen und mit einigen Beispielen anschaulicher gemacht.

Es möge nur hier noch der mit ungeheuren Mitteln unternommene aber fast gänzlich misslungene Versuch, auch eine grössere und tiefere Hafenfläche künstlich zu spülen als warnendes Beispiel mitgetheilt werden. Es ist dies die von J. Rendel im Jahre 1843 zuerst projectirte, etwa 15 Jahre lang discutirte und von anderen hervorragenden Ingenieuren wie Abernethy, Hartley, Rennie u. s. w. lebhaft bekämpfte, aber vom englischen Parlamente auf Grund der Autorität Rendels genehmigte Spülungsanlage eines neuen Vorhafens zu Birkenhead. Ueber diese sehr interessante Anlage und deren Schicksale ist eine ausführliche Mittheilung gegeben im Artizan $18^{64}/_{65}$, hiernach in der Zeitschr. f. Bauw. (Lentz), 1868 und in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1866.

Es wurde nach dem Rendel'schen Plane, der unter kleinen Aenderungen von Hartley zur Ausführung kam, Liverpool gegenüber am Mersey (vergl. Cap. XV, § 16) ein 60^{Ha} grosses Dock mit einem etwa 15^{Ha} grossen, 510^{m} langen und 120^{m} am oberen Ende, 90^{m} an der Mündung weiten offenen Vorhafen erbaut. Dieser grosse und weite Vorhafen nun sollte künstlich gespült werden, trotzdem er bei Niedrigwasser mittlerer Springtide noch $3^{\text{m}},6$ und bei Niedrigwasser tauber Tide gar $5^{\text{m}},7$ Wassertiefe ursprünglich erhielt. Seine Mündung hatte also bei jenen Wasserständen etwa 324 bezw. $513^{\square\text{m}}$ Querschnitt. Das Hochwasser der mittleren Springfluth steigt reichlich 8^{m} hoch über das betreffende Niedrigwasser und lagert dabei wie auch alle anderen kleineren Tiden eine bedeutende Menge Schlick ab. Dieser ungeheuren Aufgabe entsprachen zwar anscheinend auch die angewandten Mittel. Es waren nämlich 20 durch Schützen mit hydraulischer Aufzugsvorrichtung verschlossene und nach oben hin vor ihrer Verzweigung ausserdem durch Stemmthore gesicherte Oeffnungen von im Ganzen $77^{\square\text{m}}$ vorhanden, welche zeitweilig bei über 7^{m} Druckhöhe das Wasser aus jenem grossen Dockbassin entströmen liessen. Dabei sind z. B. in 22 Minuten über 390 000 kb^{m}, also in 1 Secunde rund 300 kb^{m} abgeflossen, so dass bei niedrigem Stande etwa 1^{m} Geschwindigkeit in der Mündung entstehen musste. Es soll sogar im Maximum die Geschwindigkeit in der Mündung $1^{\text{m}},8$ und in den Spülcanälen 7^{m} pro Secunde betragen haben, in denen wegen ihrer Verzweigung aus zwei grösseren Canälen die grosse Druckhöhe nur zum Theil zur Wirkung kommen konnte.

Der Erfolg dieser gewaltigen Mittel blieb aber in der Hauptsache durchaus hinter den von Rendel gehegten Erwartungen zurück, trotzdem über 7 Monate lang gespült wurde. Die Wirkung des Spülstromes erstreckte sich in dem oberen 120^{m} breiten Theil des Vorhafens merklich nur auf etwa 90^{m} Entfernung von den Spülcanälen. An diesen entstanden wegen der heftigen Strömung verschiedene den Bestand des Bauwerks gefährdende Beschädigungen, ausserdem wurde unterhalb des 24^{m} langen Sturzbettes der alte Boden etwa 2^{m} tief aufgewühlt. Die losgespülten alten und neuen Erdmassen lagerten sich dagegen grossentheils an anderen Stellen des Vorhafens, wo die Strömung schwächer war, und am Ende der Versuche war der Vorhafen in seiner grössten Ausdehnung um reichlich 1^{m} höher zugeschlickt. Die Spülung wurde aufgegeben und der Vorhafen später durch Umbau zum Dockbassin gemacht.

§ 18. Erhaltung der Tiefe durch natürliche und künstliche Strömung oder Spülung. In ihrer Wirkungsweise sind offenbar die natürliche und künstliche

Durchströmung gewisser Hafentheile sehr nahe verwandt und in mancher Beziehung völlig gleichartig. Denn in beiden Fällen ist es die Kraft des bewegten Wassers, welche die Sinkstoffe schwimmend oder rollend forttreiben und dem offenen Meere zuführen soll. Es ist nur insofern ein Unterschied, als die natürliche Strömung meistens längere Zeit dauert und deshalb sich die Sinkstoffe zum grossen Theil auch dauernd in Bewegung befinden, während die nur periodisch und auf sehr kurze Zeit mögliche künstliche Strömung, die Sinkstoffe grösstentheils abgelagert findet und erst durch heftigen Angriff in Bewegung zu setzen hat.

Bei gleich starker Geschwindigkeit und gleichen Bodenarten wird deshalb der Wirkungsgrad der natürlichen Strömung den der künstlichen wohl stets übertreffen. Die natürliche Strömung ist nur entweder mittelst der Durchleitung eines fortwährend fliessenden Wasserlaufes oder in Folge der Benutzung eines mit dem Meere durch den Hafen in Verbindung stehenden Binnensees, Haffs u. s. w. zu erreichen. Im ersteren Falle hängt die namentlich in der Hafenmündung zu gewinnende Tiefe von dem Querschnitt derselben und von der Wassermenge des Flusses ab. Da nun die Mündung etwa mindestens 30^{m} Weite haben muss und zur Fortbewegung der meisten Bodenarten 1 bis 2^{m} Geschwindigkeit gehören, ein kleiner Fluss aber bei gewöhnlichem Sommerwasser nur einige kb^{m} Wasser führt, so ist klar, dass eine wirksame Strömung durch denselben nur zu Zeiten des hohen Oberwassers stattfinden kann. Die kleinen Häfen der pommerschen Küste zeigen unter fast gleichen Verhältnissen hinsichtlich der Lage an der See eine Tiefe in der Mündung, welche fast genau im Verhältnisse zum Zuflussgebiete des betreffenden Flusses steht.

So haben nach Hagen die Hafenmündungen von Colbergermünde, Rügenwaldermünde und Stolpmünde, welche von den bezw. 27800, 23400 und 17300^{Ha} (5566^{Ha} = 1□ Meile) Zuflussgebiet habenden kleinen Flüssen Persante, Wipper und Stolpe durchströmt werden, eine Tiefe von rund $3^{m},7$, $3^{m},11$ und $2^{m},7$, welche letztere durch Baggern zeitweilig etwas vermehrt wird.

Wesentlich günstiger gestalten sich die Verhältnisse der natürlichen Strömung, wenn ein nahe hinter dem Hafen liegender grosser Binnensee durch die Schwankungen des Meeresspiegels zeitweilig eine bedeutende Wassermenge aufnimmt und wieder abgiebt. Es hängt dabei die Stärke der Strömung ausser von den verschiedenen Querschnitten der durchströmten Strecken von der Länge der Verbindung zwischen Meer und Binnensee, und von der Niveaudifferenz zwischen diesen Beiden ab. Die letztere freilich ist fast keinen Augenblick constant, sondern wieder abhängig von dem rascheren oder langsameren Steigen und Fallen der beiden verbundenen Flächen. Aus darüber angestellten Beobachtungen lässt sich dann leicht die Durchflussmenge und für jede Stelle die Stromgeschwindigkeit berechnen.

Für den Hafen von Swinemünde (siehe Fig. 7 u. 7^{a}, Taf. LVIII) ist nun das ursprünglich etwa 20^{Km} und nach Ausführung der im Jahre 1877 in Angriff genommenen Begradigung der Swine mittelst des Cäseburger Durchstichs nur etwa 14^{Km} von der Ostsee entfernte Grosse-Haff ein gewaltiges natürliches Spülbassin. Nach Hagen's Schätzung kommen etwa 47000^{Ha} Oberfläche von diesem auch durch die Peene und Dievenow mit der See in Verbindung stehenden Haff auf die Swine-Mündung. Da nun ferner die Ostsee an ihren Küsten oft in 24 Stunden um 1 bis 2^{m} steigt und um das doppelte rascher fällt (vergl. Cap. XIV, § 19), so ergiebt sich danach für die kurze Swine eine erhebliche, oft weit über 1^{m} im Mittel betragende

Stromgeschwindigkeit und dementsprechende Vertiefung des Bettes. Die kleinsten Tiefen sind etwa 5m,5, die grössten jedoch gehen bis 20m.[13])

In ähnlicher Weise wird die Mündung der den Eingang zum Rostocker Hafen bildenden Warnow durch den Damm'schen See, sowie die Hafenmündung von Pillau durch das dahinter liegende bedeutende Frische-Haff gespült. Die Entstehung und Veränderung dieses zugleich den Hafen von Königsberg und Elbing bildenden Hafenortes sind in ausführlicher Weise von Hagen beschrieben.

Wenn nun nach Obigem durch die Stromwirkung kleiner Flüsse, welche keinen Fluthwechsel haben, nie eine erhebliche Wassertiefe zu erwarten ist, so findet bekanntlich eine solche mit Hülfe starken Fluthwechsels auch bei ganz unbedeutenden Flüssen statt, wie dies im Cap. XV, § 16 näher nachgewiesen ist.

In sehr geschickter Weise ist die Ebbe und Fluth benutzt, um an einer Stelle, wo ursprünglich nur eine kaum merkliche Strömung gewesen, besonders durch das Ausgehen des Ebbewassers eine kräftige Strömung herzustellen und darauf den Bestand eines grösseren Hafens zu basiren. Es ist dies die in Fig. 3 u. 4, Taf. LVIII in grösserem und kleinerem Maasstabe dargestellte Anlage von Nieuwediep und des später erbauten Kriegshafen Willemsoord. Die eigenthümlichen Fluthverhältnisse des Zuider Sees begünstigten diese Anlage im hohen Grade. Denn die verschiedenen Oeffnungen oder Seegaten des Zuider Sees haben von West nach Ost gerechnet sehr ungleiche Hafenzeiten, indem durch das die Insel Texel von Nordholland trennende Marsdiep das Hochwasser, also auch damit die Ebbe, um einige Stunden früher eintritt als durch die nordöstlicheren Oeffnungen. Es dringt von Norden her noch die Fluth ein, wenn aus der westlichen Mündung des Marsdiep schon der Ebbestrom kräftig ausgeht. Dieser Umstand ist nun für die Anlage von Nieuwediep derartig benutzt, dass zunächst in durchschnittlich 150m Entfernung vom regulirten Ufer ein Leitdamm *(Leidam)* hergestellt und mittelst eines sich an diesem unter spitzen Winkel anschliessenden Flügel- oder Fangdamms *(Vangdam)* das Ebbewasser von einem grossen Theil des südwestlichen Zuider Sees gefangen und gezwungen wurde zwischen jenem Leitdamm und dem festen Ufer in das Marsdiep abzufliessen. Die kleine Zeichnung Fig. 4 ergiebt die jetzige volle Länge beider Dämme von 1950m und 3375m. Dieselben sind ursprünglich nicht in dieser Länge hergestellt, sondern nach und nach in verschiedenen Absätzen.

Nach der Anlage des Fangdamms in den Jahren 1781—1783 von etwa 2/3 der jetzigen Länge bildete sich innerhalb der ersten 2 Jahre schon eine Tiefe von etwa 5 bis 6m aus, wo früher kaum 3 bis 4m Wasser gestanden hatte. Durch die im Jahre 1843 begonnene nachträgliche Verlängerung und die theilweise Wiedererhöhung des seit der Erbauung um fast 1m,5 versackten Dammes bis auf 0,3 über ord. Hochwasser sind zum grossen Theile jetzt Tiefen von über 10m erreicht, welche an einigen Stellen z. B. vor der Einfahrt in das Dock von Willemsoord und an der verengten Mündung bis auf 20m steigen. Man musste sogar vorläufig von der Aufhöhung des Fangdamms in seiner völligen Länge Abstand nehmen, um die bereits übergrosse und von Ufereinstürzen gefolgte Tiefe nicht weiter zunehmen zu lassen. Man hat jedoch gegen etwaige ungünstige Aenderungen im Zuider See noch die weitere Erhöhung und Verlängerung des Dammes im Auge.

Was die Construction der Dämme anlangt, so ist der Leitdamm jetzt 1m,5 in der Krone breit, in der Mitte der gekrümmten Krone 2m,3, an den Kanten derselben 2m,0 über gew. Fluth hoch und hat zu beiden Seiten zweimalige Böschungen. Der Kern des über Hochwasser liegenden Theiles besteht aus Sand von den dortigen Bänken, welcher mit einer 0m,6 dicken Klailage überdeckt ist. Hierauf ruht auf einer 0m,2 dicken Lage von Ziegeln die eigentliche Decke aus schweren Feldsteinen von 0m,3 Dicke. Nach den Enden fällt der Damm auf gew. Fluthhöhe ab. Von dieser Höhe abwärts

[13]) Der Oderstrom mit seinen Ausflüssen in die Ostsee, v. Herr, Zeitschr. f. Bauw. 1864.

liegt das bei der ersten Herstellung verwandte Packwerk. Der Fangdamm war anfänglich aus einer dichten Holzwand mit einem steinbeschwerten Buschbanket an der äusseren und mit blosser Steinschüttung an der inneren Seite hergestellt. Nachträglich ist diese Construction geändert.

Die künstliche Spülung, von deren allgemeiner Anordnung die Häfen von Calais und von Havre (Fig. 10 u. 11, Taf. LVIII) als Beispiele dienen, beruht darauf, dass aus einem möglichst hochgefüllten Bassin zur Zeit eines möglichst niedrigen Wasserstandes im Vorhafen und der Mündung das angesammelte Wasser plötzlich losgelassen wird, um mit grosser Geschwindigkeit dem Meere zuzufliessen. Praktisch lassen sich diese künstlichen Spülvorrichtungen nur da anlegen, wo ein recht grosser Fluthwechsel stattfindet. Denn die Ansammlung des Spülwassers würde in anderen Fällen zu ungewiss oder zu kostspielig werden. Ausserdem ist einer der wichtigsten Factoren der wirksamen Spülung, dass während derselben der Wasserstand der zu spülenden Hafentheile sehr niedrig ist, damit der Querschnitt im Vergleich zur durchfliessenden Wassermenge sehr klein, also die Geschwindigkeit umgekehrt sehr gross werde.

Es möge hier von der Spülung der Schleusendrempel und Vorböden abgesehen werden, indem diese bei Gelegenheit der Schleusen (Cap. XVI, § 19) ihre Besprechung gefunden hat und mit der Spülung der Vorhäfen und Mündungen wenig Aehnlichkeit bietet.

Die hier zu besprechenden Spülvorrichtungen bestehen im Wesentlichen aus dem Spülbassin und der Spülschleuse.

Man hat zwar in einigen Fällen keine besonderen Spülbassins angelegt, sondern statt ihrer die Dockbassins zum Spülen benutzt. Diese Anordnung hat jedoch im Allgemeinen den Nachtheil, dass bei einem bedeutenden Ausfluss auch die Tiefe in den Docks sich merklich verringert, dass die in der Nähe der Spülschleuse liegenden Schiffe von der Strömung belästigt und alle etwaigen Verbindungscanäle und Verbindungsschleusen, wenn diese nicht eine Kammer besitzen, während der Zeiten der Spülung so gut wie unbrauchbar werden. Trotzdem ist z. B. im Hafen von Havre nach den in den Jahren 1866—1868 erfolgten Umbauten eine aus zwei Oeffnungen von je 6^{m} Weite bestehende Spülschleuse angebracht, welche durch einen überdeckten Canal den Vorhafen mit dem Bassin de la Citadelle verbindet. Sobald gespült werden soll, sind die zum Vorhafen führenden Dockschleusen sämmtlich geschlossen, dagegen die zwischen dem Bassin de la Citadelle und dem Bassin de l'Eure, sowie zwischen diesem und dem Bassin Vauban und dem Bassindock bestehenden Verbindungsschleusen geöffnet, so dass sich aus diesen etwa 39^{Ha} grossen Bassins der Wasserstand in Verbindung setzt und um 1^{m} gesenkt werden kann. Ursprünglich wurde mit dem Bassin de la Floride der vordere Theil des Vorhafens gespült. Dies musste jedoch aufgegeben werden, weil dadurch die gegenüberliegende Mauer des Vorhafens zu sehr unterspült wurde. Darauf sind zwei Spülöffnungen neben der Schleuse des Bassins de la Barre von zusammen $7^{m},3$ Weite angelegt, welche indessen keine genügende Spülung des weiten Vorhafens, der zugleich als Liegeplatz für Passagier- und Schleppdampfer u. s. w. dient, hervorbrachte, trotzdem dadurch jährlich etwa 16000 kb^{m} Ablagerung aus demselben beseitigt sein sollen. Es ist deshalb fortwährend und auch nach Eröffnung der neuen Spülschleusen am Bassin de la Citadelle ein Bagger im Vorhafen und selbst in der Mündung in Thätigkeit geblieben.

Wie auch im Cap. XVI, § 16 erwähnt ist, wird mit dem alten Dock im

Bremerhafen mit Hülfe der ein Paar Blanken'sche Thore besitzenden Kammerschleuse der Vorhafen gespült.

Weit gebräuchlicher ist für künstliche Spülungen die Verwendung besonderer Spülbassins. Dieselben haben den Vortheil, dass sie nur höchstens bis zum Niedrigwasser tief zu sein brauchen, dass man sie trotzdem nebenbei als Holzlagerflächen u. s. w. benutzen kann. Sie bedürfen alsdann freilich einer besonderen Schiffschleuse, um von dem Vorhafen die Holzschiffe u. s. w. einzulassen, weil hierzu die Spülschleusen nicht gut einzurichten sind. In der Regel sind solche Bassins alte natürliche Vertiefungen, die dann nur besonders gegen den zu spülenden Vorhafen sorgfältig abgeschlossen werden müssen. Die Grösse muss genügen, um eine so grosse Wassermenge zwischen dem oberen und unteren Spiegel aufnehmen zu können, dass dieselbe während der Zeit des Ausflusses eine für die fraglichen Ablagerungen hinreichend starke Geschwindigkeit an allen zu spülenden Stellen ergiebt. Die Gestalt würde am besten halbkreisförmig sein mit der Schleuse im Mittelpunkte; doch ist eine solche Form, wenn das Bassin nicht etwa künstlich gegraben werden muss, nicht ohne unverhältnissmässige Opfer zu erreichen und ausserdem ist sie geradezu nachtheilig, wenn das Füllwasser selbst schlickhaltig ist, indem dann die grösste Aufschlickung entsteht. Nach thatsächlichen Beobachtungen beträgt selbst bei mehr als 1^{Km} langen Bassins das Gefälle nur etwa 5 bis 7^{cm}, so dass der Verlust an Druckhöhe durch das Gefälle gegenüber der grossen Druckhöhe nach dem Unterwasser kaum ins Gewicht fällt. Selbstverständlich darf nur nicht gerade gleich hinter der Schleuse ein enger Querschnitt des Bassins sein.

Mit dem Bassin im gewissen Zusammenhange steht die Schleuse selbst. Es würde freilich wohl nicht praktisch sein bei einem grossen Bassin sich mit einer desto kleineren Schleuse zu begnügen, obgleich man scheinbar dafür als Grund angeben könnte, dass je grösser das Bassin, desto grösser bleibe die nutzbare Druckhöhe für die Schleuse, also desto weniger gross brauche diese zu sein, um eine gewisse Wassermenge abzulassen. Um aber die grösste Wirkung auf das zu spülende Bett zu erzielen, wird es besonders darauf ankommen gerade zur Zeit des Niedrigwassers eine möglichst grosse Menge zum Durchfluss zu bringen, weil dann bei dem kleinsten Profil die grösste Geschwindigkeit im ganzen Lauf entsteht. Es ist daher wohl stets eine möglichst grosse Schleuse vortheilhaft. Minard und nach ihm Hagen geben eine Tabelle ausgeführter (indess zum grossen Theil inzwischen abgeänderter) Spülanlagen, um daraus die Grösse des Spülbassins namentlich im Verhältniss zur Schleusenweite, daneben aber auch zum Abstand der Schleuse von der Hafenmündung und zur anfänglichen Druckhöhe erkennen zu lassen. Dabei ist jedoch die Schleusenweite nur einschliesslich der Thürdicken gerechnet und ebenso ist für das fast unvermeidliche, aber sehr einflussreiche Schrägstehen mancher Thüren kein Abzug gemacht. Da nun die Zahl der Thüren in den angegebenen Beispielen zwischen 1 und 6 schwankt, so ist der absolute Werth der einzelnen Zahlen gering. Es geht aber die grosse Verschiedenheit des Verhältnisses zwischen Bassingrösse und Schleusenweite noch genügend daraus hervor, dass auf 1^{Ha} in Boulogne nur etwa 10^{cm} und in St. Valery dagegen $1^{m},51$ kommen. Der Durchschnitt ist ferner etwa $0^{m},47$ auf 1^{Ha}.

Da es sehr auf die Benutzung der kurzen Zeit des Niedrigwassers ankommt, so muss die Schleuse nicht nur recht weit, sondern auch möglichst rasch und vollständig zu öffnen sein. Zu diesem Zweck haben sich Drehthore mit zwei verschiedenen langen Flügelhälften bis jetzt als am zweckmässigsten erwiesen. Von diesen

Thoren geben die Fig. 11, 12 u. 13, Taf. LVI ein Beispiel. Der Thorflügel dreht sich um eine oben und unten gut befestigte und leicht drehbare Mittelspindel und lehnt sich in geschlossenem Zustande mit seinen beiden Schlagsäulen gegen zwei bewegliche, im Querschnitt fast halbkreisförmige Drehpfosten. Wird also bei gefülltem Bassin der Drehpfosten der grösseren Flügelhälfte in seine Nische gedreht, so muss der Ueberdruck dieser Hälfte den Thorflügel derartig öffnen, dass die kleinere Hälfte sich gegen den Wasserdruck aufwärts bewegt. Da der Drehpfosten der grösseren Hälfte gegen den Ueberdruck im geschlossenen Zustande des Thores nur festgehalten zu werden braucht, was mittelst eines am Kopfe angebrachten Hebelarms geschieht, so wird nach Lösung der Befestigung dieses Hebels sich sofort der Drehpfosten und damit zugleich der Thorflügel drehen. Nach der Oeffnung wird auch der Drehpfosten der kleineren Seite in die Nische gedreht, damit die ganze Oeffnung thunlichst frei werde. Dies geschieht nun nicht in dem Maasse wie man wohl erwarten sollte, dass sich der Thorflügel genau in die Achsenrichtung der Schleuse oder die Richtung des ausfliessenden Wassers stellte, sondern es bleibt stets der Flügel in einer gewissen schrägen Richtung dazu stehen. Nach Minard beträgt der Winkel wenigstens 7 Grad, meistens aber viel mehr. Die völlige Geradstellung kann nur mit sehr grosser Kraftanwendung geschehen. Der Grund dieser Erscheinung ist noch nicht genügend erklärt, jedoch lässt sich constatiren, dass sich der Flügel um so schräger stellt, je geringer die Differenz der beiden Hälften. Man hat versucht durch Schützöffnungen in der kleineren Hälfte das Verhältniss möglichst ungleich zu machen, sowie durch eine bewegliche Klappe die kleine Hälfte bis auf ein Minimum zu verkleinern, wodurch allerdings eine bessere Einstellung erreicht worden ist.

Um eine constructiv günstige Thürform, bei der eine möglichste Gleichheit erwünscht sein würde, und andererseits einen wirksamen Ueberdruck der grösseren über die kleinere Hälfte zu erhalten, hat man durch Erfahrung das Verhältniss 5 zu 7 bis 9 angemessen gefunden. Wenn jedoch die kleinere Hälfte während der Oeffnung durch Schützen oder Klappen verkleinert werden kann, so dürfen die beiden Flügel nahezu gleich lang genommen werden.

Indem nur die kleinere Hälfte einen Anschlag im Boden erhalten kann, so muss zur möglichsten Verringerung des Wasserverlustes die grössere Hälfte während des Verschlusses dicht über der Schwelle liegen. Diese Schwelle ist dann aber zur bequemeren Bewegung der grösseren Hälfte nach der unteren Seite hin etwas abzuschrägen oder man rundet auch wohl die aus mehreren Hölzern zusammengesetzte Schwelle, die im steinernen Boden liegt und darüber etwa 3 bis 5^{cm} vortritt, bis zur Höhe des Bodens zu beiden Seiten ab. Es erhält dadurch die Schwelle zugleich eine möglichst geschützte Lage. Der Flügel muss nach geschehener Spülung durch ein an der Schlagsäule der grösseren Hälfte angebrachtes Tau mittelst Winde wieder in die geschlossene Stellung gebracht und durch Vordrehen und Festschliessen der Drehpfosten gegen den aufs Neue entstehenden Wasserdruck gehalten werden.

Es würde nun mit Rücksicht auf die von jeder Oeffnung abgehende Thordicke und auf das Schrägstellen offenbar vortheilhaft sein, möglichst grosse Weiten zu nehmen, um jene Verluste auf ein Minimum einzuschränken. Trotzdem ist man mit Rücksicht auf die Construction und die Handhabung gezwungen darin nicht zu weit zu gehen und grössere Einzelweiten als etwa 6^{m} zu vermeiden. Wo also die Gesammtweite wesentlich grösser sein muss, was wohl in allen Fällen zutreffen wird, werden mehrere Oeffnungen nebeneinander angebracht und fast stets durch massive

Zwischenpfeiler getrennt. Man kann jedoch auch in einer Hauptöffnung zwei Flügelthüren derartig anbringen, dass die längeren Hälften beide nach der Mitte hin liegen und hier durch einen gemeinsamen Drehpfosten gehalten werden. Es muss allerdings bei dessen Drehung die eine Thür etwas mit der längeren Hälfte gegen den Wasserdruck bewegt werden.

Um die Verluste durch die Thordicke und das Schrägstellen aufzuheben, hat man auch, z. B. in Calais, Spülthüren mit seitlich liegender Drehachse angewandt. Damit dieselben bei der plötzlichen Oeffnung nicht zu heftig in die Thornische geschlagen werden, ist die Thür der Höhe nach in zwei Hälften getheilt. Die untere, nur bis zur Höhe der kleinsten Fluth reichende Hälfte wird zuerst durch Lösung eines Drehpfostens geöffnet und treibt dabei durch ihre rasche Bewegung das Wasser vor sich in die Wendenische zu einer solchen Höhe, dass ein genügender Gegendruck entsteht und der Flügel nicht vom Anschlagen leidet. Sobald derselbe eine kurze Zeit geöffnet ist, sinkt das Wasser im Bassin so rasch, dass die obere Thürhälfte nicht mehr eintaucht. Die Fuge zwischen den beiden über einander stehenden Thürhälften wird durch eine an der oberen befestigte, getheerte Leinwand gedichtet.

Alle Drehthüren lässt man nicht tiefer als zur niedrigen Ebbe reichen, weil einmal die Vorhäfen selten eine viel grössere Tiefe haben und namentlich, weil man alsdann um so leichter Reparaturen an diesen besonders angegriffenen Theilen vornehmen kann. Es lässt sich gewiss nicht leugnen, dass durch diese Anordnung die Bauwerke sehr viel billiger zu unterhalten sind. Die in der Tiefe zu gewinnende Mehröffnung kann ferner in den meisten Fällen wohl leichter in der Breite beschafft werden. Es würde endlich auch bei tiefreichenden Oeffnungen nach dem Ausströmen des Wassers die heftige, wirbelnde und zu Auskolkungen Veranlassung gebende Bewegung desselben nicht merklich vermindert werden.

Man hat allerdings in England z. B. in Ramsgate und Birkenhead tieferreichende Schützen zur Spülung benutzt, ohne jedoch dadurch Vortheile zu erzielen. Ohne Verwendung bedeutender Kräfte, z. B. hydraulischer Motoren, würde die Bewegung von Schützen stets viel mehr Zeit in Anspruch nehmen, als von gleich grossen Drehthoren. Dass in jedem Falle das Bauwerk und die etwa anschliessenden Mauertheile durch Spundwände oder entsprechende Maassregeln gegen das Durchdringen des aufgesammelten Bassinwassers und ebenso durch Sturzbetten gegen die Unterwaschung von dem ausströmenden Wasser geschützt werden müssen, wird wie bei Schleusenwehren als selbstverständlich scheinen. Wenn die Bodenverhältnisse es sonst gestatten, ist eine starke Betonfundirung mit regelrecht abgedeckter Quadersohle sehr zweckmässig. Das Sturzbett muss der grossen Geschwindigkeit wegen, die das Wasser schon oberhalb der Schleuse annimmt auch dorthin sich ausdehnen und wie das unterhalb befindliche allmählich in eine grössere Tiefe übergehen. Die ganze Länge jeder Deckung oben und unten muss je nach der Stärke des Wassersturzes 20 bis 30^m betragen.

Dass endlich oberhalb und unterhalb zur Leitung des Wassers Flügelmauern zweckmässig sind, sowie dass sehr viel auf die Abrundung der Ecken und die Form der Vorköpfe ankommt, um dem ausfliessenden Wasser möglichst die Form des contrahirten Strahles zu geben, also den Ausflusscoefficienten möglichst gross zu erhalten, braucht wohl kaum bemerkt zu werden.

Da nun in den meisten an der offenen See liegenden Häfen nur zur Zeit der Springfluthen die nöthige Erniedrigung des Aussenwassers einzutreten pflegt, um

mit Erfolg spülen zu können, und da ferner erfahrungsmässig nur die ersten auf einander folgenden Spülungen eine erhebliche Wirkung zeigen, die später folgenden aber wegen des in der Tiefe fester werdenden Bodens und wegen der Vergrösserung des Abflussprofiles meistens bald ganz ohne Wirkung bleiben, so beschränkt man sich fast überall auf Spülungen zur Zeit der Springfluthen. Es muss dabei die Erfahrung entscheiden was das wirksamste ist, und muss an solchen Stellen, wo die Springfluthen weniger Einfluss auf die Wasserstände ausüben als die Winde, wie z. B. in Cuxhafen, zu anderen nicht vorher zu bestimmenden Zeiten gespült werden. Da zur Nachtzeit mit der nöthigen Sicherheit gegen Unfälle nicht wohl gespült werden kann, so finden an einigen Häfen nur an drei Tagen je einmal Spülungen statt, während an Häfen, wo die Hafenzeit günstiger liegt, zur Zeit der Springfluthen täglich 2 Spülungen möglich sind. Zwischen 3 bis 6 liegt in den meisten Fällen die durchschnittliche Zahl der zulässigen und erfolgreichen Spülungen.

Aus verschiedenen localen Gründen sind zuweilen mehrere Spülbassins an einem Vorhafen angebracht, wobei alsdann zunächst stets die Mündungen der Spülschleusen möglichst so zu legen sind, dass die Strömungen gut zusammen treffen und sich eventuell gar einander in der Richtung corrigiren. Da das Wasser in dem zu spülenden Vorhafen sich erst einige Zeit nach dem Einströmen des Spülwassers in Bewegung setzt und da ausserdem die zunächst der Mündung liegende Spülschleuse für diesen wichtigsten Punkt der Spülung grössere Bedeutung hat als die obere, so lässt man beim Beginn der Spülung erst die obere Schleuse den Vorhafen an seinem oberen Ende bis zur Erzeugung einer merklichen Strömung anfüllen, ehe man auch die untere Schleuse öffnet.

Trotz grosser Anlagekosten und sorgfältiger Bedienung sind in vielen Fällen die Erfolge der künstlichen Spülung hinter den gehegten Erwartungen zurückgeblieben. Es ist wohl kaum nöthig davor zu warnen, nicht nach dem Anblick der aus der Schleuse mit Heftigkeit hervorschiessenden Wassermenge auf die dauernde Wirkung des in einem langen und gegen die Spülschleusenweite verhältnissmässig breiten Canale bald sehr matt fliessenden Spülstromes zu schliessen. Die lebendige Kraft, die der ausschiessende Strahl in der Nähe der Schleuse besitzt, vernichtet sich zum grössten Theile in dem Kolke oder auf dem etwa künstlich befestigten Boden vor der Schleuse in Gestalt von schäumenden Wellen und Wirbeln. Es bleibt für die Wirkung auf den Canal nur das reine Spiegelgefälle von jener Stelle bis zum offenen Meere übrig. Ein wirklich starkes Gefälle, welches eine entsprechende Geschwindigkeit erzeugen kann, findet aber nur sehr kurze Zeit statt, weil bei starkem Fluthwechsel auch meistens die Fluth rasch steigt, und weil der Ausfluss aus der Schleuse aus zweifachem Grunde, dem Steigen des Wassers vor und dem Fallen desselben hinter der Schleuse, bald nach der Oeffnung wieder abnimmt. Diese nutzbringende Zeit wird ausserdem noch um einige Minuten verkürzt durch die Wirkung der Trägheit des unbewegten Wassers vor und hinter der Schleuse, indem sich vor derselben eine Anhäufung ohne entsprechende Strömung, dahinter aber eine tiefere Senkung bildet, ehe sich ein dem Ausfluss entsprechendes Spiegelgefälle des ganzen Spülbassins herstellt. Ein kräftiger, den Boden bewegender Spülstrom ist deshalb selten länger als $^1/_2$ Stunde, oft nur während 10 bis 15 Minuten vorhanden. Nach den Angaben von Lentz[14]) ist aber zur Fortschaffung von einige Zeit lang gelagertem

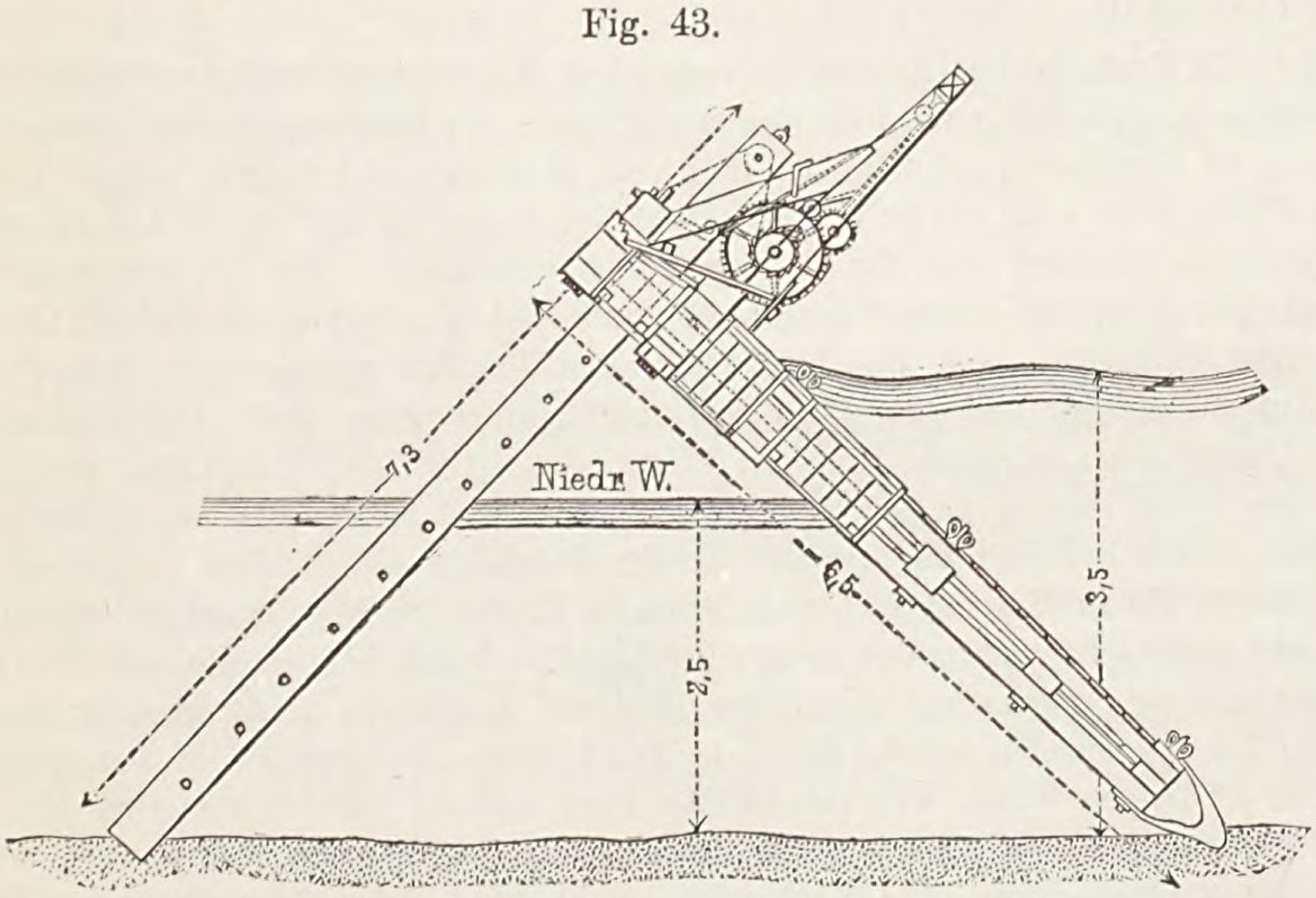
[14]) H. Lentz, Die künstliche Spülung der Seehäfen. Zeitschr. f. Bauw. 1868.

Schlick eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 0m,75 und zur Fortbewegung von Sand eine solche von etwa 1,5 bis 2m erforderlich. Dabei ist freilich zu beachten, dass die Bodengeschwindigkeiten, auf die es wesentlich ankommt, erheblich geringer sind, und dass zum Losreissen der einigermaassen festgelagerten Stoffe unbedingt eine weit grössere Geschwindigkeit gehört als zum Forttreiben und Fortwälzen der schon bewegten (vergl. Cap. V, § 10). Es dürfen deshalb die genannten Angaben, welche die zur Bewegung gleicher Stoffe in Flüssen u. s. w. nöthigen Geschwindigkeiten erheblich übertreffen, nicht als übertrieben scheinen, denn bei letzteren ist eine dauernde Bewegung vorauszusetzen. Aber erst wenn in dem zu spülenden Canale eine Zeit lang die Bewegung gedauert hat, kann eine ähnliche Wirkung des Wassers auf die losgerissenen Bodentheile erwartet werden.

Dieser Umstand wird nun offenbar um so ungünstiger, wenn das betreffende Fahrwasser eine grosse Länge besitzt, weil dabei ein grosser Theil der am oberen Ende bewegten Stoffe in der Nähe der Mündung, vielleicht schon oberhalb, liegen bleibt, sobald die Fluth merklich ansteigt. Hat das Fahrwasser ausserdem eine unregelmässige Gestalt, starke Krümmung oder ungleiche Breiten, so erfolgt begreiflicher Weise nur eine sehr ungleichmässige Vertiefung und unter Umständen sogar eine Ablagerung an manchen Stellen. Am allerungünstigsten endlich aber wirkt die Spülung auf das Fahrwasser ausserhalb der festen Ufereinfassung, weil hier der Strom sich rasch ausbreitet und nach seiner Schwächung schon bald die Bodentheile fallen lässt. Ein kräftiger Küstenstrom kann dabei zwar hinsichtlich der Erhaltung der Bewegung etwas günstig wirken, doch wird er andererseits auch durch Zuführung neuer Massen gleichzeitig auf die Verflachung des Fahrwassers einen nachtheiligen Einfluss äussern.

Die mannigfaltigen Mängel der blossen Spülung, namentlich an den zu breiten oder an unregelmässigen Stellen und vor der Mündung, hat man in mehreren französischen Häfen und vorzugsweise in Dünkirchen mit grossem Geschick durch bewegliche Leitdämme oder Spülflösse *(guideaux)* eingeschränkt und zum Theil ganz überwunden. Die nebenstehende Fig. 43 giebt die in Dünkirchen angewandte und in den Nouv. ann. de la constr. von 1867 specieller mitgetheilte Construction.

Fig. 43.



Das Wesentliche daran ist ein Floss von etwa 6m,5 Breite und 10m Länge, welches an den zwei schmalen Kanten mit mehreren Ringen zum Befestigen von Bugsirtauen u. s. w. versehen ist, an der einen (unteren) Langseite 5 eiserne, um etwa 0m,75 vortretende Füsse hat und auf der entgegengesetzten Seite eben so viel bewegliche, senkrecht zur Ebene des Flosses stehende Beine besitzt.

Diese Beine lassen sich mit mässigem Spielraum in Oeffnungen auf- und abschieben, wodurch das Floss sich um die andere Längskante oder die daran sitzenden Füsse dreht und im Maximum bis zu 45 Grad Neigung aufrichtet. Die Bewegung der Beine geschieht von der oberen Seite des Flosses aus durch eine zugehörige Winde, deren Tau über eine am obersten Ende des Beines angebrachte Rolle und von da wieder hinab zu einem Punkt an der Kante des Flosses geht. Wird die Winde angedreht, so verkürzt sich das Tau und das Floss richtet sich auf.

Wird dasselbe Tau über eine an dem Windebock sitzende Rolle gelegt und mit seinem Haken unter einen Durchsteckbolzen des Beines gehakt, so kann man dieses, wenn es stark in den Boden gedrückt ist, mit der Winde wieder herausziehen. Damit das Floss auch bei seiner Neigung noch zu begehen ist, sind alle Belagbohlen mit nach oben etwas vortretenden Kanten versehen und ausserdem noch einzelne schräg gestellte Bohlen in der Nähe der Winden angebracht. Zum besseren Schwimmen des Flosses an seiner mit Winden u. s. w. beschwerten oberen Kante dienen mehrere wasserdichte Luftkasten.

Von solchen Flössen muss zur Erreichung einer regelrechten Wirkung eine grössere Anzahl angewandt werden, so dass förmlich ein längerer Leitdamm oder ein Parallelwerk entsteht. Sie werden dann einige Zeit vor Eintritt des Niedrigwassers an die betreffende Stelle geflösst, genau gelegt und an ihren schmalen Kanten auch wohl mit einander verbunden. Bevor der Spülstrom ausgeht, müssen sie aufgerichtet sein. Alsdann entsteht auf ihrer oberen Fläche ein Aufstau bis fast 1^m, indem an der unteren Seite nur das durch die unvermeidlichen Undichtigkeiten dringende Wasser zum Abfluss kommt. Dadurch dass man bei jeder einzelnen Spülung die Stellung ändert, kann man nach und nach jede Stelle der zu spülenden Hafentheile stark angreifen. Wenn das Meer nicht unruhig ist, wird in Dünkirchen sogar ausserhalb der Mündung und mit grossem Erfolge Gebrauch von diesen Spülflössen gemacht, so dass dem Aussenfahrwasser eine neue und vortheilhaftere Richtung gegeben worden ist. Im Innern des Hafens sind ältere und wesentlich kleinere Spülflösse im Gebrauch.

Ausser diesem Mittel, die Kraft des Spülstromes zu verstärken, hat man zahlreiche mechanische Hülfsmittel angewandt, durch welche die Sohle des Fahrwassers während der Strömung aufgelockert wird. Es gehören hierhin die im Flussbau gebräuchlichen Rechen, Eggen und Pflüge, welche von Schiffen oder auch durch Pferde vom Ufer aus in der Richtung der Strömung auf der Sohle fortgeschleppt werden und mit eisernen Messern oder Zinken den Boden aufwühlen. Wo das Fahrwasser eine bestimmte Form besitzt, wie z. B. in einem künstlichen Canal, ist der ganze Querschnitt desselben wohl durch flügelartige Verbreiterungen des hinabtreibenden Schiffes versperrt, so dass das letztere einen merklichen Aufstau erzeugt und mit desto grösserer Kraft bewegt wird. Die Verbreiterungen bestehen je nach Umständen aus Segeln oder mit Charnieren versehenen Holztafeln, welche über etwaige feste Vorsprünge leicht hinweg gleiten. In solchen Tafeln sind ferner zuweilen Schützen angebracht, um den Spülstrom nach Belieben auf gewisse Theile der Sohle concentriren zu können. Zu diesen Einrichtungen gehören die in Holland und z. B. auch in Emden noch gebräuchlichen sog. Mudderpflüge. Eine sehr sinnreiche und zweckmässige Combination bietet endlich die von Hipp construirte Stromkratzmaschine, welche seit dem Jahre 1864 auf dem Rhein in Anwendung und in der Zeitschr. f. Bauw. im Bd. XV speciell beschrieben ist. Sie besteht im Wesentlichen aus einer mit vielen Messern besetzten 3^m langen Welle, welche zwischen zwei Schiffen auf der Flussohle hängend durch ein ebenfalls zwischen diesen Schiffen liegendes unterschlägiges Wasserrad mittelst einer Kette ohne Ende in Drehung versetzt wird. Die Kratzwelle macht etwa 2 bis 3 Umdrehungen in 1 Minute je nach der Stromgeschwindigkeit und der Tiefe des Eingriffs. Oberhalb des Wasserrades liegt ein Schütz. Die zusammengekuppelten Schiffe werden durch 2 von je 1 Arbeiter bediente Winden etwa $0^m,33$ in 1 Secunde stromaufwärts gezogen, während die Seitenbewegung durch Querketten erfolgt. Mit dieser billigen Maschine ist in einem Jahr ein Kiesfeld von 1000^m Länge und 80^m Breite um 1^m vertieft.

§ 19. Baggerung. Verschiedene Zwecke des Baggerns. Betriebsarten. Einrichtung der Bagger, Beseitigung des Bodens. Das Baggern in grösserem Umfange ist eine der neueren Zeit angehörende Art der Erdförderung, seine Bedeutung für das ganze Bauwesen scheint dabei noch in fortwährender Steigerung begriffen zu sein und zwar sowohl hinsichtlich der quantitativen als auch der qualitativen Leistungen. Durch die Vervollkommnung der Apparate ist nicht allein deren Gebrauch pecuniär ein weit vortheilhafterer geworden, sondern es sind dadurch einzelnen Bauzweigen völlig neue Ziele eröffnet, so dass z. B. grosse Anlagen, wie Flussregulirungen, Seecanäle und Häfen, jetzt ausführbar erscheinen, welche noch vor wenigen Jahrzehnten für durchaus problematisch gelten mussten. Die Baggerung tritt dabei bald als selbständige Operation, bald nur als ein die Wirkung anderer Operationen unterstützendes Hülfsmittel auf.

In der nachfolgenden Besprechung dieses Gegenstandes muss nun unter Berücksichtigung der Cap. VIII im Bande I dieses Handbuchs, sowie der Cap. V im Bande IV von den vorzüglich nur bei dem Grundbau und beim Erdbau im Trocknen vorkommenden Baggerarten, sowie auch von der Detailconstruction der anderen specifisch dem Wasserbau angehörenden Apparate abgesehen werden. Es soll vielmehr nur die allgemeinere Anordnung und Betriebsweise dieser für den Flussbau, Canalbau und Hafenbau besonders wichtigen Bagger und ihrer zugehörigen, die Beseitigung des Baggermaterials bezweckenden Apparate in Betracht gezogen werden.

Es ist bereits in den Capiteln IX und XV mehrfach erwähnt, dass sowohl in den oberen Flusstrecken als in den Fluthgebieten der Flüsse das Baggern mit seltenen Ausnahmen nur als ein secundäres Mittel zur Verbesserung der Flüsse gelten kann. Wenigstens gilt dies allgemein in den Fällen, wo durch die Baggerung nicht auch die Ursachen der mangelhaften Ausbildung oder der Verwilderung eines Flusses, sondern nur vorübergehend die Folgen dieser Zustände beseitigt werden können. Es sind dort auch Beispiele angeführt, in denen durch die Baggerung entweder der Erfolg der Regulirung wesentlich gesteigert worden ist (z. B. an der Clyde und Tyne) oder wo sogar mit Hülfe des Baggerns allein neue und tiefe Fahrwasser eines Flusses geschaffen sind (Oder und Swine). Für die nachstehenden Betrachtungen wird es jedoch auf einen Unterschied in dieser Beziehung nicht weiter ankommen, weil die Baggermethoden in den verschiedenen Fällen des Flussbaues fast ganz die nämlichen sind.

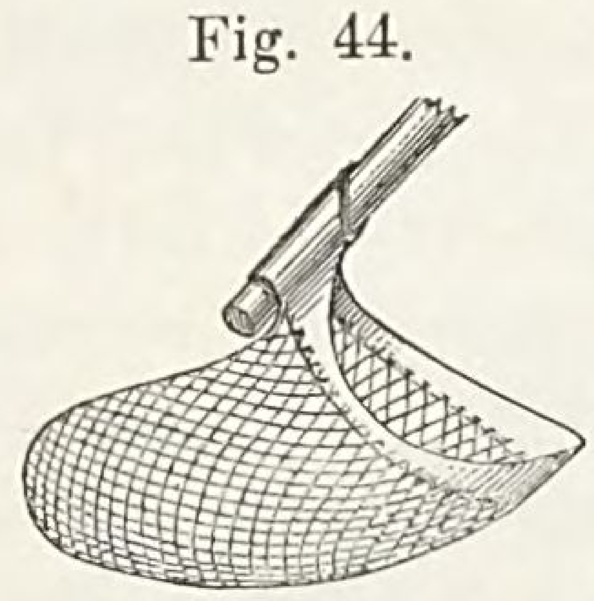
Auf dem Gebiet des Canalbaues ist namentlich durch die Ausführung des Suez-Canales, sowie des Amsterdamer Nordsee-Canales und die dabei zuerst gemachten Verbesserungen hinsichtlich der Beseitigung des Baggermaterials eine sehr gesteigerte Verwendung der Bagger eingetreten, so dass selbst da, wo durch Menschenhände die Erde hätte gegraben und verkarrt werden können, die Erdförderung durch grosse Dampfmaschinen als vortheilhafter sich erwies.

Für den Hafenbau endlich ist die Bedeutung des Baggerns ebenfalls eine sehr viel höhere geworden. Denn es bedingt nicht allein der etwa seit Beginn der fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts erheblich gesteigerte Tiefgang der Schiffe eine oft nur mit Hülfe tiefreichender Bagger zu bewerkstellende Vertiefung älterer Häfen, sondern es wird durch die Fähigkeit, an Stellen des Meeres zu baggern, wo die Wellenbewegung noch bis vor Kurzem jede Baggerthätigkeit auszuschliessen schien, die vortheilhaftere Anlegung neuer Häfen erleichtert oder überhaupt ermöglicht. Als ein Beispiel hierfür können die Mündungen der Tyne, des Suez-Canales mit den

Häfen Port Said und Suez, sowie die Mündung des Amsterdamer Canales an der Nordsee gelten. Bei allen diesen von Molen umschlossenen Häfen oder Reeden, deren Mündungen bis an die genügende Tiefe reichen, wird zwar mehr oder weniger im Schutze jener Bauwerke, aber trotzdem bei fast ununterbrochener Wellenbewegung von etwa $0^m,7$ jetzt gebaggert, und dadurch die Tiefe für die grössten Schiffe hergestellt und erhalten. Es können also selbst an seichten Küsten jetzt leicht zugängliche Häfen angelegt und die lästigen engen und langen Einfahrten älterer Häfen vermieden werden. Die in ihrem Erfolge oft unsicheren und bei künstlicher Anlage doch nur eine mässige Tiefe gewährenden Spülungen nehmen offenbar an Bedeutung in demselben Maasse ab als die Leistung der Bagger wächst.

Da es im vorliegenden Falle weniger darauf ankommt, eine vollkommene Beschreibung aller zum Baggern bis jetzt benutzten Apparate als vielmehr eine kurze Besprechung der bei dem jetzigen Stande der Bauwissenschaft als am zweckmässigsten befundenen Baggermaschinen zu geben, so sollen auch alle veralteten Einrichtungen wie Bagger mit Menschen- oder Pferdebetrieb einfach übergangen werden. Für kleinere Canäle oder Flüsse, auf denen etwa wegen Geringfügigkeit der Arbeiten u. s. w. eine wirkliche Baggermaschine nicht anzubringen ist, kann der einfache, direct von Menschenhand bewegte Stielbagger nach nebenstehender Fig. 44 noch zulässig erscheinen. Derselbe ist jedoch nur noch bis etwa 2^m Tiefe zweckmässig. Er besteht aus einem $0^m,4$ weiten eisernen Bügel mit verstahlter Schneide, einem eingeflochtenen Netz aus festem Garn, und dem 7 bis 9^{cm} dicken, 3 bis 4^m langen Stiel. Am zweckmässigsten stellt man die Baggerer an die Kante eines nöthigenfalls aus mehreren Theilen bestehenden, aber womöglich ganz quer über die herzustellende Fahrrinne reichenden Flosses und lässt sie das Baggergut nur in hinter ihnen bereit stehende Schiebkarren schütten, wobei sich die Arbeiter nie zu drehen haben. Die in zwei Reihen vorhandenen Karren werden, sobald die erste Reihe gefüllt ist, von einer anderen Arbeitercolonne nach dem Ufer hin abgefahren und leer hinter den Baggerern wieder aufgestellt, welche inzwischen die andere Reihe Karren wieder gefüllt haben werden. Auf diese Weise kann bei Accordbetriebe eine ununterbrochene und billige Arbeit geschaffen werden.

Fig. 44.



Wo dagegen überhaupt Maschinen anzuwenden, sollte heutzutage nur noch der Dampfbetrieb zulässig gehalten werden. Mit etwa 3 bis 4^k Steinkohlen im Werthe von etwa 6 bis 10 Pf., je nach der leichteren Beschaffung der Kohlen, lässt sich die Tagesarbeit eines Menschen aufwiegen. Die Arbeit der Pferde ist zwar mindestens etwa viermal so billig als die der Menschen, indessen sind Pferdebagger für mehr als 4 Pferde schwerlich einzurichten, aber dann immer noch mindestens fünfmal so theuer im Betriebe als die viel bequemer zu handhabenden Dampfbagger von etwa 4 Pferdekraft. Ein anderer wesentlicher Vortheil der Dampfkraft ist der ununterbrochene Betrieb, welcher namentlich auf Fahrwassern von Flüssen sehr erwünscht ist, um durch den Bagger möglichst kurze Zeit das Fahrwasser für Schiffe zu beengen.

Der Dampfbetrieb bedingt dagegen fast unvermeidlich die Verwendung eines eisernen Baggerschiffes d. h. des Kastens, in welchem sich der Baggerapparat befindet. Denn wenn auch die ersten Herstellungskosten eines hölzernen Baggerschiffes etwa nur halb so hoch sich belaufen als die eines gleich grossen eisernen,

so ist dagegen die Dauer des ersteren so unverhältnissmässig gering, dass meistens nach etwa 10jährigem Gebrauch eine absolute Unbrauchbarkeit eintritt. Die etwaigen meist sehr theuren Reparaturkosten sind geradezu weggeworfen, denn das neue Holz kann nicht verhindern, dass das alte daneben in kürzester Zeit ebenfalls ersetzt werden muss. Es liegen mehrfache Beispiele vor, dass ein eben gegen Beginn des Sommers reparirtes hölzernes Baggerschiff nach kurzer Arbeit wieder sich als leck zeigte und dann bis zum Eintritt der für Baggern ungünstigen Jahreszeit wieder auf dem Reparaturhelling liegen musste. Auf die Tüchtigkeit eines Baggers während der ganzen geeigneten Jahreszeit muss man sich aber nach der im Winter stattgefundenen Ausbesserung aller etwa schadhaften Theile unbedingt verlassen können. Der Grund weshalb ein hölzernes Baggerschiff so rasch abhängig wird, liegt offenbar darin, dass der ganze Raum mit feuchter und sehr warmer Luft angefüllt ist, welche das Faulen des Holzes in hohem Maasse beschleunigt.

In gleichem Maasse wie für das eigentliche Baggern ist auch für die Beseitigung des Baggerguts der Dampfbetrieb werthvoll und von desto grösserer Bedeutung, je weiter oder je höher der Transport zu geschehen hat. In manchen Fällen betragen die Kosten dieses Transports selbst bei dem rationellsten Betriebe noch das Doppelte und Dreifache der eigentlichen Baggerung.

Wohl fast auf keinem Gebiete des Ingenieurwesens kann durch zweckmässige Disposition nach Ort und Zeit, durch die geschickte Anordnung des Betriebes im Allgemeinen und durch Verwendung der geeignetsten Apparate im Einzelnen, in gleicher Weise erfolgreich und sparsam gearbeitet, sowie durch das Gegentheil erfolglos und verschwenderisch gewirthschaftet werden wie bei grossen Baggerungen. Weil in vielen Fällen die Leistung und der Erfolg nur indirect zu erkennen ist, so bleibt ausserdem die Controlle und die Beurtheilung derselben stets eine schwierige.

Was die Betriebsweise des Baggerns mit grösseren Maschinen im Allgemeinen anlangt, so kommt es vorzugsweise darauf an, den Apparat so zu handhaben und zu bewegen, dass die zu vertiefende Sohle nicht nur am Schlusse der Arbeit, sondern zur Ersparung der Kosten fortwährend möglichst gleichmässig angegriffen und vertieft, also die Bildung einzelner Löcher und Rillen mit danebenliegenden Rücken vermieden wird. Hierzu dient besonders die zweckmässige Bewegung der Baggermaschine über der zu vertiefenden Fläche. Es ist nun bei allen Systemen der Bagger übereinstimmend der Fall, dass der die Lösung der Erde bewirkende Apparat um so leichter und sicherer die Erde fasst, je mehr er von unten nach oben oder gegen einen Vorsprung des Bodens arbeitet. Er kann dann selbst nicht so leicht darüber hinweggleiten und umgekehrt wird die Erde gewissermaassen in ihn hineingepresst. Folglich wird es sich nicht allein empfehlen, bei steigendem Boden im Allgemeinen von der Tiefe her zu baggern, sondern auch bei etwa horizontalem Boden anfangs künstlich einen Vorsprung zu schaffen, gegen welchen im weiteren Verlauf der eigentliche Baggerapparat fest angedrückt werden kann. Dies geschieht wenn der Bagger eine seitlich hin- und hergehende Bewegung macht, also jedes mal eine Querrinne schafft, welche nach der Längsrichtung des Baggers hin von einem Vorsprunge begrenzt wird. Wenn dagegen der Bagger in seiner Längsrichtung ununterbrochen fortrücken, also eine Längsrinne machen würde, so müsste zur Bildung einer tieferen Fläche sich Längsrinne an Längsrinne legen. Dann aber würde der Eingriff in den Boden bei weitem nicht so leicht und so sicher erfolgen, sondern, wie die Erfahrung bestätigt, entweder ein Ausgleiten des lösenden Apparats

zur Seite in die alte Rinne oder aber die Eröffnung einer ganz neuen Längsrinne mit zwischenliegendem Rücken die Folge sein.

Wo wie in Flüssen eine merkliche Strömung stattfindet, ist es daneben fast unbedingt nothwendig den Bagger so zu legen und zu bewegen, dass nicht allein die Querrinnen quer zur Fahrwasserrichtung, sondern auch nach und nach stromaufwärts erfolgen. Es verhält sich nämlich die Strömung ähnlich wie der jedesmal gebildete Vorsprung, indem der obere Theil der Sohle um so sicherer in den lösenden Apparat geführt wird, je mehr ihn die Strömung gewissermaassen hinein treibt. Es gilt dies nicht allein von den durch die Strömung schon bewegten Bodenarten wie Sand und Kies, sondern — wenn auch weniger — von den festeren der Strömung allein widerstehenden Erdarten, weil auch bei diesen der von dem Löseapparat losgerissene Theil des Bodens sofort vom Strome einen grösseren Antrieb zur Bewegung erhält. Das stromaufwärts gerichtete Baggern ist aber um so wirkungsvoller, weil die Sandbänke und Untiefen fast stets stromabwärts steiler als stromaufwärts und daher ganz besonders gut von unten her zu fassen sind.

Dass die Baggerschiffe demnach für eine regelmässige und constante Querbewegung und Längsbewegung eingerichtet sein müssen, ist selbstverständlich. Sie sind deshalb an jeder Seite mit einer oder besser mit zwei Winden und in der Längenrichtung gleichfalls mindestens mit einer Winde versehen, auf welchen sich je nach Bedürfniss verankerte Taue bezw. Ketten auf- oder abwickeln. Alle diese Winden, sowie sonstige nebensächliche Bewegungsvorrichtungen werden bei den grösseren Baggermaschinen mittelst Dampf getrieben, weil dadurch abgesehen von der Ersparung auch an Regelmässigkeit und Sicherheit gewonnen wird. Damit die Querbewegung leicht und möglichst gradlinig geschehen kann, muss die in der Längenrichtung anzubringende, in Flüssen also stromaufwärts gerichtete Verankerung eine sehr lange und deshalb zweckmässig durch kleine Flösse getragene Kette haben. Diese Kette hat nicht allein den etwaigen Strömungswiderstand, sondern auch den bei manchen Baggerarten sehr bedeutenden Druck des Baggerapparats gegen den Boden zu ertragen, bedarf also einer grossen Stärke. Zur Seitwärtsbewegung genügen Taue. Die Geschwindigkeit für diese letztere Bewegung ist übrigens nur gering, etwa 3 bis 4^{cm} in der Secunde, weil andernfalls der Effect des lösenden Apparates beeinträchtigt werden würde. Es bedarf wohl nur der Andeutung, dass die Bedienungsmannschaft mit grosser Sorgfalt die zweckmässigste Bewegung des Baggers in jedem Falle zu ermitteln und zu überwachen hat, wenn nicht etwa nur einzelne Löcher im Boden gebaggert oder durch leeren Gang die Betriebskräfte vergeudet werden sollen.

Für den Betrieb ist endlich von grosser Wichtigkeit, dass das zu Tage geförderte Baggergut möglichst leicht aus dem eigentlichen Bagger heraustritt und ohne Unterbrechung des Ganges der Maschine aufgefangen und weiter transportirt wird. Speciellere Regeln hierfür lassen sich nur für jede einzelne Art der Bagger geben.

Von dem zu baggernden Material hängt am meisten die Wahl des eigentlichen Baggerapparates ab. Da ersteres sowohl feiner, fast flüssiger Schlamm als auch Sand oder Kies und Gerölle, sowie weiches aber zähes Moor oder harter Thon sein kann, kurz alle Erdarten mit Ausnahme des gewachsenen Felsbodens umfasst, so müssen schon danach die den Boden lösenden Apparate sehr mannigfaltig sein. Unter Umständen kommen auch Mischungen dieser Bodenarten, z. B. Sand und Thon mit grobem Gerölle vor. Endlich ist von Einfluss für die Wahl des Apparates, ob

auf grossen freien Flächen oder in beengtem Raume, z. B. dicht neben bereits bestehenden Mauern u. s. w. gebaggert werden muss.

Es hat daher jeder Apparat nur bedingungsweise einen Vorzug vor anderen und erscheint es von vornherein unmöglich einen für alle Fälle geeigneten Apparat zu erfinden.

Die ausgedehnteste Anwendung gestattet das Princip des Eimers oder Kübels, weil er sowohl Schlamm als festen Thon und Gerölle zu fassen vermag, indem er mit einer Schneide in den Boden eingreift und behufs seiner Füllung durch denselben in einem sanften Bogen hindurchgezogen wird. Weil nun bei beschränkten Mitteln die meisten Bauverwaltungen einen für verschiedene Aufgaben passenden Apparat zu besitzen suchen, so sind die Eimerbagger und namentlich die Eimerkettenbagger am häufigsten in Gebrauch, aber auch oft dort, wo ein anderer Bagger ungleich vortheilhafter sein würde. Seine zweckmässigste Verwendung findet er wohl nur bei festem Sande, Kies und Thon.

Für loseres Material, wie Schlamm, losen Sand, Moor und weichem Thon, sind im Allgemeinen Pumpenbagger nach den neuesten Erfahrungen weit vorzüglicher, und zwar aus dem Grunde, weil bei diesen Baggern es nicht so wie bei den Eimerkettenbaggern nöthig ist, einen schweren, viel Reibung und Abnutzung verursachenden Mechanismus zu treiben, der vorzugsweise darauf berechnet ist, einen grossen Widerstand gegen das Lösen des Materials zu überwinden. Wenn nur das Gewicht des gehobenen Bodens und die Hubhöhe als Maasstab für die Leistung eines Baggers angesehen, also die Arbeit für die Lösung des Bodens vernachlässigt wird, so geben z. B. bei Sand und weichem Thon Eimerkettenbagger nur etwa 10 bis 20 Procent Nutzeffect, während gute Pumpenbagger 80 bis 90 gestatten.

Die verschiedenen Arten der Pumpenbagger basiren entweder auf dem Princip der Kreiselpumpe oder der Kolbenpumpe, immer aber saugen sie die losen Erdtheile mit mehr oder weniger Wasser zusammen in die Höhe. Man hat bereits in verschiedenen Fällen Vorschneide- oder Rühr-Apparate vor der eigentlichen Saugmündung angebracht und dadurch auch die Förderung von sehr festen Bodenarten ermöglicht. Selbst unter dieser Combination scheinen sie noch für alle in dünne Theile zerlegbaren Bodenarten die oben erwähnten Vorzüge vor den Eimerkettenbaggern zu behalten.

Da die Schaufelbagger in ihrem Bewegungsprincip ähnlich wie Eimerbagger, aber nur für weichen Boden anwendbar sind, so können sie durch die neuen Pumpenbagger als unbedingt überholt und von der Concurrenz ausgeschlossen gelten.

Mit dem Eimerbagger am nächsten verwandt sind die sog. Stiel- oder Löffelbagger, wobei ein an einem langen Stiele befindlicher Kübel oder Löffel mit einer Schneide in dem Boden fasst und nach seiner Hebung in der Regel an der hinteren Seite durch eine Klappe entleert wird. Ein solcher Apparat wirkt nicht wie die vorigen continuirlich, sondern ruckweise. Er gleicht also völlig einem grossen mit der Hand bewegten Stielbagger. Seine Anwendung dürfte sich wohl nur auf beengte Flächen beschränken und eignet sich alsdann besonders für stark gemischten Boden z. B. Thon mit grösseren Steinen.

Statt des einfachen Kübels hat man in neuerer Zeit, ähnlich wie bei den sog. Exkavatoren, die besonders bei Brunnenfundirungen Anwendung finden, zweitheilige Kübel als Baggerapparate hergestellt. Dieselben werden von einem krahnartigen Gestell bis auf den Boden hinabgelassen, wobei die beiden Schneiden der Kübel weit

auseinander stehen. Durch Anziehen von bestimmten Ketten nähern sich die beiden Schneiden wie die beiden Theile einer Zange bis zum völligen Schluss und fassen dabei ein bestimmtes Quantum Boden, welches alsdann, von den beiden Theilen des Kübels getragen, in die Höhe gefördert wird. Auch dieser Apparat scheint vorzugsweise für enge Räume und unreinen Boden geeignet.

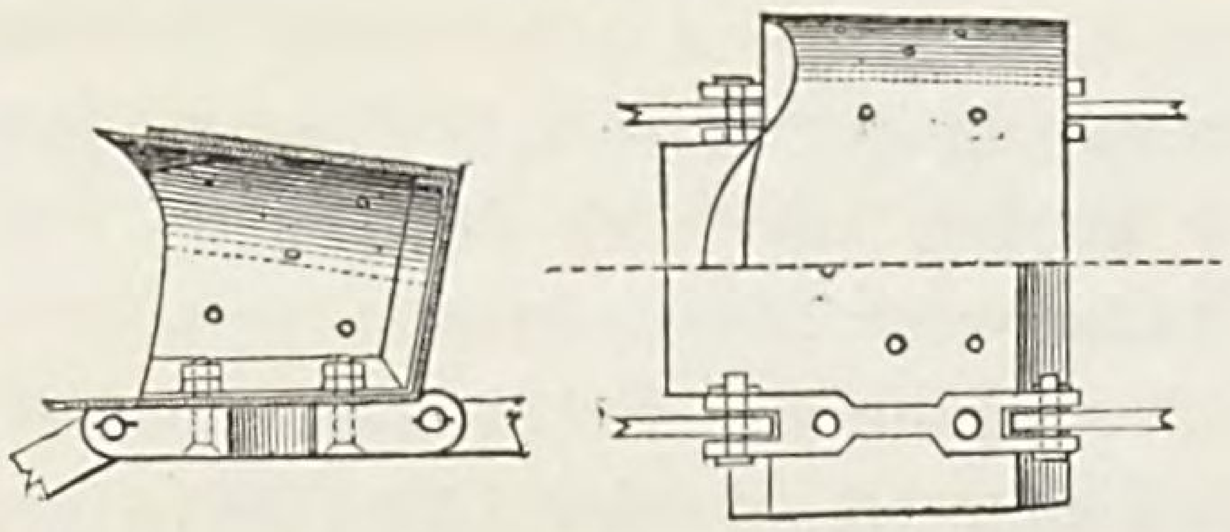
Das äusserste Extrem dieser Gattung bildet die reine Steinzange.

Nach dieser kurzen allgemeinen Betrachtung möge noch eben so kurz eine Besprechung gewisser Einzelnheiten jeder Art, mit Bezugnahme auf Taf. LX und besonders auf Cap. V, Bd. IV Platz finden.

Von den Eimerkettenbaggern sind für Baggerungen im offenen Wasser nur die mit geneigter Kette in Gebrauch, weil dieselben am leichtesten die zweckmässigste Tiefe für die angreifenden Eimer und die einfachste und vollständigste Entleerung der ausstürzenden Eimer gestatten. Bagger mit verticaler Eimerkette sind nur zu Fundirungszwecken und ähnlichen verwendbar. Die geneigte Kette schlingt sich ohne Ende um die zwei Trommeln, welche den oberen und unteren Punkt der aus zwei parallelen Trägern bestehenden sog. Leiter ausmachen. Die Leiter dient zum Heben und Senken der Kette und zur Unterstützung der oberen, die gefüllt hinaufgehenden Eimer tragenden etwas kürzeren Kettenhälfte, zu welchem Zwecke die paarweise geordneten Kettenglieder über kleine Rollen laufen, die zu beiden Seiten an den Leiterbäumen befestigt sind. Die untere etwas längere Hälfte der Kette hängt in sanftem Bogen unter der Leiter und gestattet, dass die untersten Eimer unter sehr spitzem Winkel in den Boden eingreifen. Die obere sog. Trommel (der „Turas“), welche von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird und die ganze Kette nach sich zieht, wird jetzt stets als vierseitiges Prisma gebildet, weil dadurch die obere Kettenhälfte um so sicherer gezogen und vor Zurückgleiten bewahrt und der oberste Eimer desto energischer gekippt und rascher entleert wird, die untere Trommel muss dagegen sechsseitig sein, um ein gleichmässigeres Durchschneiden des Bodens für die Eimer zu gewinnen.

Von der Form der Eimer und deren Verbindung mit der Kette geben Fig. 11 jener Tafel und der nachstehende Holzschnitt Fig. 45 zwei Beispiele. Sie unterscheiden sich vorzüglich darin, dass die Eimer mit den Kettengliedern bei dem ersten Beispiele zusammengenietet, bei dem anderen dagegen zusammengeschraubt sind. Die Schrauben lockern sich leicht trotz Gegenmutter, sind aber besser zu lösen, wenn sie nicht gänzlich verrostet sind. Besonders wichtig ist die Form und die Verstahlung der vorderen Schneide, der Kettenaugen und Bolzen.

Fig. 45.



Auf deren Beschaffenheit beruht zum grössten Theile die grössere oder geringere Reparaturbedürftigkeit eines Eimerbaggers. Bei sehr grossen Baggern erreichen die Kettenglieder die Stärke von 13^{cm} nach Breite und Höhe, die Eimer eine Grösse von $0{,}5\ kb^{m}$ und es sitzen deren etwa 30 bis 40 an einer Kette. Die grösste Tiefe, bis zu welcher die Bagger bei sehr veränderlichen Wasserständen arbeiten, pflegt etwa 12^{m} zu sein, obgleich die grösste Fahrtiefe nur etwa 8^{m} beträgt. Die Nutzleistung dieser Bagger verringert sich mit zunehmender Grösse und namentlich der Länge der Kette, wegen der hiermit steigenden Reibungswiderstände. Denn mit der Länge der Kette nimmt auch deren Gewicht für die Längeneinheit etwa in gleichem

Maasse zu, sodass danach die Reibung im quadratischen Verhältnisse zur Länge wachsen würde. So leisten z. B. kleine, im M. nur etwa 3ᵐ tief arbeitende Bagger für die Stunde und Pferdekraft 5 bis 8 kbᵐ bei etwa 6ᵐ totalem Hub, während grosse, 10 bis 12ᵐ tief arbeitende nur etwa 2 bis 3 kbᵐ bei etwa 16ᵐ totalem Hub fördern.

Es muss hierbei wie im Cap. XIV, § 32 bei den Maschinen der Dampfschiffe an die Verschiedenheit der nominellen, der effectiven und der indicirten Pferdekräfte erinnert werden. Da sehr häufig nur die nominellen Pferdekräfte genannt werden, so ist es unmöglich in solchen Fällen den Nutzeffect zu bestimmen.

Gewöhnlich liegt die Leiter mit der Eimerkette in der Mittellinie des Schiffes und tritt bei schwacher Neigung, wie bei den Fig. 1, 2, 17 und 18, etwas nach vorn unter dem Schiffe vor. Dieses Vortreten der Eimerkette ist um so wichtiger je mehr der betreffende Bagger zeitweilig gebraucht werden soll, um etwa durch hochliegende Sandbänke, über denen selbst für den Bagger nicht die nöthige Fahrtiefe vorhanden ist, eine Rinne hindurch zu baggern. Es werden daher für Flussbaggerungen die Eimerketten zuweilen mit etwa 2 bis 3ᵐ Vorsprung vor dem Schiffe angeordnet, und können solche Bagger sich alsdann selbst in trockenliegende Landflächen hineinbaggern. Ohne eine derartige Absicht ist jedoch ein weites Vortreten nicht zweckmässig, weil dadurch die Bewegung der Leiter und des ganzen Schiffes erschwert wird. Ausserdem lässt sich alsdann das Ausgiessen der Eimer an der Querseite des Schiffes bewirken und dadurch eine nicht unbedeutende Hubhöhe ersparen.

Man hat in einzelnen Fällen statt einer Leiter zwei und dann zu beiden Seiten des Schiffes angebracht. Die Absicht dabei ist, die verlorene Hubhöhe zu vermindern, die z. B. nach Fig. 2 für das Ausschütten des Baggerguts in die seitlichen Prahme gleich der halben Schiffsbreite mal der Tangente des Neigungswinkels der Schüttrinne ist, und sodann die Maschinenkraft auch während etwaiger Pausen einer Eimerkette durch die Thätigkeit der anderen besser auszunutzen. Die Erfahrung hat aber diese Einrichtung als nicht zweckmässig erkennen lassen. Namentlich ist es nicht möglich mit den beiden Eimerketten in genügend gleichmässiger Weise zu arbeiten, ausserdem entstehen durch die Thätigkeit der beiden Leitern leichte Schwankungen des Schiffes, endlich wirken umgekehrt die durch Wellenbewegung entstandenen Schwankungen nachtheiliger auf die seitlichen Leitern als auf eine mittlere.

Weil in Flüssen wenigstens grössere Prahme nur seitlich neben dem Baggerschiff zur Aufnahme des Baggerguts liegen können, so ist danach und nach dem Vorigen die Regel, dass die obersten Eimer hoch in der Mitte über dem Schiffe ausleeren und dass das Baggergut mittelst einer zweiarmigen, aber mit einer Klappe in zwei Hälften zu theilenden Schüttrinne von etwa 40 bis 50° Neigung je nach Belieben bald nach der einen bald nach der anderen Seite in den Baggerprahm gleitet. Bei zu geringer Neigung der Schüttrinne ist ein kostspieliges Nachkratzen oder das Hinzupumpen von Wasser nothwendig, wenn nicht etwa die gewöhnlich zum Ablauf des unnützen Wassers mit Löchern versehenen Eimer ein genügendes Quantum Wasser schöpfen. Bei gutem Betriebe muss ein leerer Prahm an der einen Seite liegen, sobald der Prahm an der anderen Seite gefüllt ist.

Die weiteren besonderen Einrichtungen lassen sich zum Theil aus den Fig. 1, 2, 17 u. 18 ersehen, im Uebrigen muss auf Band IV verwiesen werden. Die ersteren Figuren geben den in der Zeitschr. f. Bauw. Bd. XXVII speciell beschriebenen und sehr zweckmässig eingerichteten Bagger Herkules in Husum, welcher im Durchschnitt 70 kbᵐ in der Stunde Boden fördert, was jedoch auf 140 kbᵐ bei leichtem Boden

gesteigert werden kann. Die grösste Zahl seiner indicirten Pferdekraft beträgt etwa 53. Er baggert nur bis $6^m,1$ Tiefe und hat 163600 M. gekostet.

Die Fig. 17 u. 18 zeigt einen vielfach auf oberen Flusstrecken, aber auch noch bei 3 bis 4^m Tiefe z. B. in der bremischen Weserstrecke mit Vortheil verwendeten Bagger. Drei der in dieser Art construirten bremischen Bagger haben 4 bis 5 Pferdekraft effectiv, und leisten in der Stunde etwa 30 bis 40 kb^m.

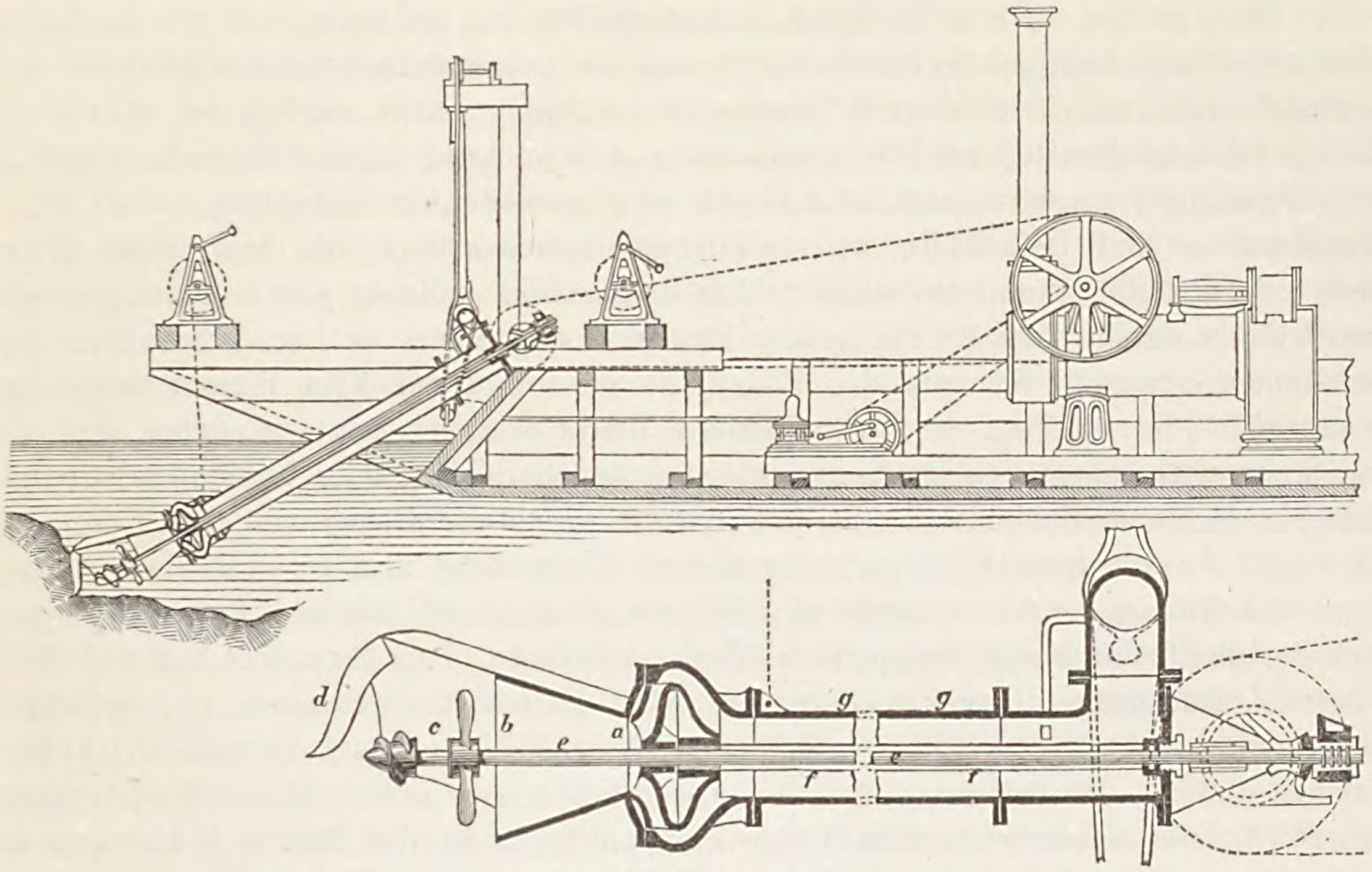
Die grossen Bagger auf der Clyde und Tyne geben etwa 200 kb^m Sand in der Stunde, bei einer Wassertiefe von 10^m. Die Schiffe sind 45^m lang und 15^m breit mit $2^m,4$ Tiefgang und $3^m,6$ Höhe. Die Maschinen haben 75 Pferdekraft nominell, also etwa die dreifache Zahl effectiv. Die Eimer fassen reichlich 0,5 kb^m. Die Besatzung beträgt 17 Mann, welche alle an Bord bleiben. Die grossen Bagger des Suez-Canales hatten 35 Pferdekraft nominell, 33^m Länge, $8^m,3$ Breite, $1^m,6$ Tiefgang und 3^m Höhe. Die Eimer fassten 0,3 bis 0,4 kb^m.

Endlich sei von den Eimerkettenbaggern erwähnt, dass um bei starkem Wellenschlage, in Mündungen grosser Flüsse oder in weiten Vorhäfen u. s. w. arbeiten zu können, das Baggerschiff als selbständiges Schiff von grosser Länge, z. B. 50 bis 60^m, und entsprechender Breite gebaut wird und alsdann auch wohl ausser Masten und Segel einen eigenen Bewegungsapparat mit Dampfmaschine, Schraube u. s. w. erhält. Ein derartiges Schiff mit dreifacher Eimerkette oder mit zwei Reihen je 1 kb^m grosser, in Versatz nebeneinander liegender Eimer, ist zuerst in Havre im Jahre 1857 erbaut; seitdem werden namentlich von Simons & Co. in Glasgow solche Bagger construirt. Dieselben nehmen das Baggergut selbst in ihren Raum, weil bei Wellenbewegung das Nebeneinanderliegen der Fahrzeuge zu nachtheilig ist.

Die Verwendung der Kreiselpumpe zum Baggern ist bereits in Amerika, England und seit dem Jahre 1872 auch in Deutschland zuerst auf der Oder mit Erfolg probirt, so dass an einer ausgedehnteren Benutzung dieses Baggersystems nicht mehr zu zweifeln ist. Es möge zunächst auf die Mittheilungen von Seydel in der deutschen Bauz. 1873. S. 1 und 1879 verwiesen werden, die um so interessanter sind, als der genannte Ingenieur als Erfinder der Kreiselpumpe überhaupt gelten darf Die nachstehende Fig. 46 (S. 1101) veranschaulicht die im Jahre 1872 auf der Oder versuchsweise benutzte Anordnung. Die wesentlichsten Theile sind der in grösserem Maasstabe gezeichnete Kreisel *a* mit dem nöthigenfalls mit Gitterstäben zu versehenden Saugkopf *b*, vor welchem sich der Rührer *c* und ein Schirm *d* befinden. Der aufgerührte und durch den Kreisel aufgesogene Sandboden gelangt durch das die Kreiselachse *e* umgebende weite Rohr *g*, welches an seinem oberen Ende mit einer Stopfbüchse für die Drehachse des Kreisels abgeschlossen ist. Unterhalb der Stopfbüchse zweigt sich aus dem Rohr *gg* ein schräges Steigrohr ab, welches an einer Stelle drehbar eingerichtet ist, so dass der Ausguss nach jeder beliebigen Richtung und in grösserer Entfernung seitlich vom Schiffe erfolgen kann. Eigenthümlich ist noch die Spülvorrichtung zur Verhütung der Abnutzung aller sich drehenden und mit dem gehobenen Sande in Berührung kommenden Theile. Es wird nämlich durch eine besondere kleine Pumpe reines Wasser in ein die Drehachse umgebendes enges Rohr *ff* gedrückt. Dies Wasser findet seinen Ausweg durch den übrigens todten Raum oberhalb des Kreisels, sodann mittelst kleiner die Kreiselzellen durchsetzenden Canäle auch durch den todten Raum unterhalb des Kreisels und endlich durch den Zwischenraum zwischen Kreisel und dessen Gehäuse in den aufsteigenden Strom des Baggergutes. Es umspielt also namentlich alle sich dicht an festliegende Theile des

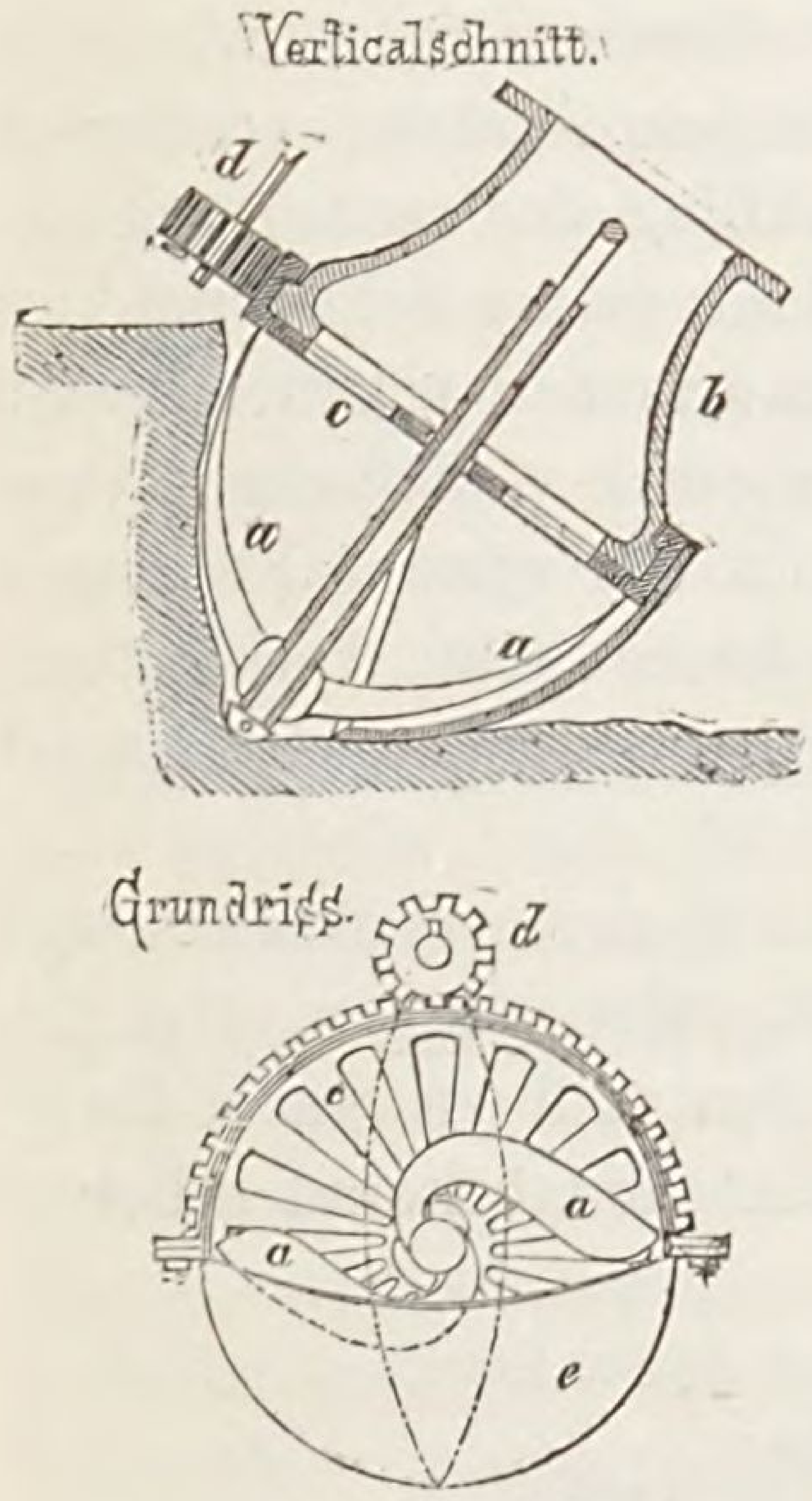
Gehäuses u. s. w. anschliessende Theile des Kreisels und schützt sie vor Abschleifung durch den Sand.

Fig. 46.



Ein nach ähnlichem Princip eingerichteter Bagger ist später im Jahre 1877 für den Swine-Durchstich bei Cäseburg (s. § 18) ausgeführt und hat bei sehr festem Sandboden, namentlich da, wo das Material gleich mit dem Bagger auf das Ufer hat gefördert werden können, aber auch sonst, den concurrirenden Eimerbagger in der Leistung und daneben durch billigere Bau- und Unterhaltungskosten übertroffen. Ferner befindet sich ein solcher von der Firma Brodnitz & Seydel in Berlin construirter Bagger auf der königl. Werft in Danzig.

Fig. 47.



Endlich ist nach einer gef. Mittheilung des Herrn Savels auf dessen Vorschlag auch für die Verbesserung des Elbinger Fahrwassers im Frischen Haff im Jahre 1878 ein 40 Pferdekraft grosser Kreiselbagger von der Firma Schickau in Elbing erbaut worden. Derselbe arbeitet in thonigem Sande und selbst in reinem Thon, und schafft ebenfalls unter Umständen direct das Baggergut aus dem Fahrwasser hinter die Mole. Die Eigenthümlichkeit dieses Baggers geht im Wesentlichen aus nebenstehender Fig. 47 hervor. Der ein Umdrehungsparaboloid beschreibende Vorschneider *a* sitzt auf einer die Kreiselwelle lose umgebenden Achse und macht 100 Umdrehungen in der Minute, während der in dem Gehäuse *b* befindliche Kreisel deren 550 bei normalem Gange macht. Der Vorschneider treibt die gelöste Masse dabei in die mit einem Gitter *c* versehene Mündung. Um den Wasserzufluss zu mässigen, ist ein durch ein Trieb *d* beweglicher Schirm *e*

angebracht. Der Apparat ist in einem Schlitz des Baggerschiffes so gelagert, dass durch den einen Theil des Lagers das Steigrohr, durch den andern die Triebachse für die conischen Räder geht, welche den Kreisel und den Vorschneider treiben.

Der in Fig. 7, 8 u. 9, Taf. LX dargestellte, von Hennings & Co. in Berlin gelieferte Pumpenbagger in Bremerhafen, welcher dem bereits im Jahre 1859 für den französischen Hafen St. Nazaire[15]) construirten Bagger sehr ähnlich ist, wurde im Jahre 1876 hergestellt, um die gewöhnliche Anschlickung in den Hafenbassins und den Mündungen zu beseitigen. Er besitzt zwei gewöhnliche Saugpumpen von $0^m,55$ Durchmesser und $0^m,7$ Hub, welche ein gemeinsames Saugrohr von $0^m,46$ Weite haben. Dies Rohr kann in einem Schlitz des Schiffes beliebig gehoben und gesenkt werden bis reichlich zu 8^m Tiefe, und legt sich mit einem in Fig. 9 besonders gezeichneten Saugkopf fest auf den Boden, so dass fast gar kein Wasser zuströmen kann. Für diesen Kopf sind verschiedene Gitter anzubringen, von denen das gezeichnete wirksamste den stark angesogenen festen Schlick oder Klaiboden wie mit Messern in dünne Schichten zertheilt, und fremde gröbere Körper von dem Rohre zurückhält. Soweit fremde Körper, wie Steine, Eisenstücke u. s. w., durch das Gitter gelangen können, werden auch sie und zwar nach zweijähriger Erfahrung ohne Schwierigkeit durch die Pumpen zu Tage gefördert. Die Maschine hat nur 24^{PS} effectiv. Der ganze Bagger kostete nur 95 000 M. und ersetzte einen älteren Schaufelbagger von 35^{PS} und 136 000 M. Kosten in der Weise, dass bei ersterem 100 kb^m Schlick 3,2 M., bei letzterem 8,3 M. zu fördern kosten. Bei der im Durchschnitt etwa 7^m tiefen Hafensohle schafft der Pumpenbagger in der Minute 8 kb^m und an einem Tage von 10 Stunden 1700 kb^m Schlick von grösster Dichtigkeit.

Als ein beachtenswerthes Beispiel der übrigens nur für sehr unreinen Boden und beengte Flächen vortheilhaften Löffelbagger kann der in Fig. 21 u. 22 dargestellte, bei dem Hafenbau in Triest[16]) gebrauchte grosse Bagger dieser Art dienen. Der 1,9 kb^m fassende, aus starkem Eisenblech bestehende und mit vier 8^{cm} dicken und 18^{cm} vorspringenden Zähnen armirte Löffel wird von der Dampfmaschine in der durch die Ketten angegebenen Weise bewegt. Das Entleeren desselben geschieht nicht wie bei älteren Löffeln vermittelst einer Klappe im hinteren Theile, sondern durch seitliche Umdrehung des Löffels um seinen Stiel. Zu diesem Zwecke wird der Stiel des gefüllten Löffels für einen Augenblick an einer an dem Gerüste excentrisch befestigten Kette *a* angehängt, indem deren Haken in den Ring des (unten erkennbaren) Halsbandes *b* eingesteckt wird. Der alsdann ausserhalb seines Schwerpunktes aufgehängte Löffel dreht sich sofort sammt dem Stiele seitwärts und schüttet seinen Inhalt in den darunter liegenden Klappenprahm. Die Dauer einer vollständigen Operation beträgt etwa 5 Minuten, doch erfolgen im Durchschnitt nur etwa 8 Füllungen in der Stunde bei Schlammboden und 10^m Tiefe. Wenn grössere Steine vorkommen, so leistet der Bagger nur etwa 3 kb^m in 1 Stunde, hebt jedoch Steine bis zu 6^T Gewicht.

Von ausserordentlicher Leistung soll nach Malézieux[17]) der von Morris und Cumings construirte und im Hafen von New-York angewandte Bagger (Fig. 20, Taf. LX) sein. Der bis zu 4 kb^m fassende, aus zwei Theilen sich zu einem Halbcylinder zusammensetzende Kübel gleicht in mancher Hinsicht den bekannten Beton-

[15]) Ann. des ponts et chaussées. 1869. Sur l'envasement etc. du port de St. Nazaire.

[16]) Der Hafenbau in Triest, von F. Bömches. Allgem. Bauz. 1876.

[17]) Travaux publics des états-unis d'Amérique, von Malézieux. Paris. 1873.

kübeln und wird ähnlich bedient. Nur muss er in geöffnetem Zustande hinabgelassen und erst, nachdem er sich durch das eigene Gewicht und das seines Rahmens in den Boden gesenkt hat, in möglichst grosser Tiefe und ohne vorher zu steigen geschlossen worden. Um ihn geöffnet zu halten, braucht nur die parallel zur Cylinderachse liegende Stange, welche mit den oberen Kanten des Kübels durch Gelenke verbunden ist, in die Höhe gezogen zu werden. Hierzu dient die links sichtbare Kette *a*. Um den Kübel aber zu schliessen und ihn geschlossen hinauf zu ziehen, dient die rechts sichtbare Kette *b*, welche anfangs schlaff ist und alsdann angezogen wird, wenn der Kübel in den Boden eingegriffen hat. Die Kette dreht dann mittelst eines grossen Rades eine ebenfalls parallel zur Cylinderachse liegende Welle. Auf dieser Welle sitzen zwei kleinere Räder, durch deren Drehung sich zwei an der erstgenannten Stange befestigte Ketten *c c* aufwickeln, dadurch diese Stange herabziehen und die oberen Kanten des Halbcylinders auseinander-, die unteren aber zusammendrängen oder den Kübel schliessen. Ein solcher Bagger soll bei $7^m,5$ Tiefe in 10 Stunden 1500 kb^m ziemlich festen Schlamm baggern. Der Hauptvorzug desselben dürfte jedoch wohl nur bei sehr grossen Tiefen hervortreten.

In sehr ähnlicher Weise ist die ebenfalls in New-York in dem „East-river" gebrauchte Steinzange Fig. 19 construirt, mit welcher gelegentlich des dortigen Brückenbaus ein Steinblock von 15^T Gewicht oder etwa 6 kb^m Grösse gehoben worden ist.

Die Beseitigung der Baggererde ist wie bereits erwähnt ein sehr bedeutender Factor des ganzen Baggerbetriebes. Vergl. Cap. XV, § 15. Sie lässt sich bewirken durch Prahme, durch die Betriebskraft des Baggers selbst und durch besondere aber zeitweilig feststehende Zwischenapparate zwischen Bagger und Ablagerungsstelle.

Das allgemeinste Mittel bilden wohl stets die Prahme. Diese sind jedoch in neuerer Zeit so vervollkommnet, dass z. B. die früher meist gebräuchlichen dichten Prahme d. h. solche, die nicht mit Klappen versehen sind, jetzt fast als veraltet gelten dürfen. Es erscheint wohl nur noch ausnahmsweise rationell, das Baggergut aus den Prahmen durch Schaufeln auszuwerfen oder zu verkarren, und zwar nur dann, wenn der Boden zur Aufhöhung eines Ufers benutzt werden soll und auf andere Weise nicht dorthin zu schaffen ist. Wo solche Prahme noch dauernd benutzt werden müssen, ist jedenfalls ihre Herstellung aus Eisen anzurathen, weil hölzerne unverhältnissmässig rasch abgängig werden.

Weit vortheilhafter sind Prahme mit Klappen und zwar entweder mit Seitenklappen oder mit Bodenklappen. Die erstere Art ist nur da vorzuziehen, wo die Ausschüttung auf seichtem Wasser geschehen muss, während Bodenklappen alles festere Material viel leichter zum Ausstürzen bringen, aber eine grössere Wassertiefe bedürfen. In Fig. 12 ist u. A. der Querschnitt eines einfachen Prahmes mit Seitenklappen angegeben, aus welchem zu ersehen ist, dass der Boden nach beiden Seiten eine geneigte Ebene bilden muss, auf welcher das Material durch sein eigenes Gewicht abrutscht, sobald die in den Seitenwänden enthaltenen, an ihrer Oberkante in Scharnieren hängenden Klappen geöffnet werden. Letzteres geschieht durch Lösung eines Hakens oder dergl. Der geneigte Boden wird übrigens benutzt um mit dem unteren graden und eigentlichen Schiffsboden einen wasserdichten mit Luft gefüllten Raum einzuschliessen, der die Tragfähigkeit des Prahmes sehr vergrössert. Von gewöhnlicheren Prahmen mit Bodenklappen geben Fig. 14, 15, 16 und 21, 22 gute Beispiele. Sobald ein einfacher Trichter wegen zu grosser Länge im Vergleich zur

Breite und Tiefe nicht mehr zweckmässig erscheint, wendet man zwei oder mehrere hintereinander an, und theilt ferner wohl der Quere nach den Boden durch eine Zwischenwand in zwei Theile, damit derselbe steifer bleibt und die Klappen nicht unnöthig gross werden. Es muss jedoch nirgends eine horizontale Fläche im Laderaume bleiben. Auch hier dienen alle schrägen etwa unter 45 Grad geneigten Flächen in Verbindung mit der äusseren Schiffswand und dem unteren Schiffsboden dazu, Lufträume zu schaffen.

Wie gross die Prahme und in welchen Verhältnissen sie zu bauen sind, muss von den Wasserverhältnissen namentlich der disponibelen Tiefe abhängen. Die Prahme müssen, um nicht bei ungleicher Beladung zu verbiegen, stets eine zweckmässige Gesammtform und genügende Stärke haben. Um die Tiefe möglichst klein zu erhalten wird die Länge vergrössert und der vordere und hintere Theil entweder als blosser Luftraum oder bei grösseren Prahmen als nutzbarer Raum für das Logiren der Mannschaft benutzt. Es ist letzteres oft für den Betrieb hinsichtlich der Zeitersparniss sehr vortheilhaft.

Der Verschluss der Klappen geschieht sowohl bei Seitenklappen als Bodenklappen mit Ketten, die meistens auf eine durch Sperrhaken festgehaltene Windewelle geschlungen sind. Es ist dabei von Wichtigkeit, dass sich die Sperrhaken leicht lösen lassen und dass die Unterstützung der Winde durch Längs- oder Querbalken nicht nachgiebt und dadurch eine zu grosse Undichtigkeit der Klappen erfolgt. Dagegen hat man auf absolute Wasserdichtigkeit des Laderaumes von vorn herein zu verzichten, aber dementsprechend auch das geringere Gewicht des Baggergutes für die Tragfähigkeit des Prahmes, unter Berücksichtigung des Wasserauftriebs, zu berechnen. In der Bordhöhe wird zweckmässigerweise ein schmaler Gang hergestellt, damit die den Prahm bedienenden Arbeiter von dem einen Ende desselben zum anderen kommen und ausserdem nöthigenfalls von dort die Ketten bedienen können. Wenn bei Klappenprahmen das Wasser ohne Nachtheil, z. B. bei Wellenschlag, in den Laderaum gelangen darf, so kann zwar die Mitte des Prahmes niedrig gehalten werden. Um so mehr ist es aber dann nöthig, die Enden des Fahrzeugs zur Sicherung desselben und der Mannschaft aus dem Wasser hervorragen zu lassen. Es muss auf offenem Wasser sehr häufig der Erdtransport wegen Wellenschlages unterbrochen werden und ist deshalb zur möglichsten Einschränkung solcher den ganzen Baggerbetrieb störenden Unterbrechung die Bauart der Prahme so einzurichten, dass diese noch bei einem gewissen Wellenschlage mit voller Ladung sicher fahren können.

Nur bei sehr kleinem Baggerbetrieb werden die Prahme durch Menschenkraft mit Zugleinen oder Schiebestangen fortbewegt, bei jedem grösseren jedoch dienen hierzu besondere Schleppdampfer. Es richtet sich hiernach zunächst die Anzahl der Bedienungsmannschaft. Im ersteren Falle wird sie stets grösser sein als im letzteren, wenn nicht etwa die Ladungen, die Entfernungen und die Strömung des Wassers sehr klein sind. Wegen dieser verschiedenen Umstände ist eine bestimmte Zahl der Mannschaft nicht anzugeben. Bei Schleppbetrieb fassen die Prahme etwa mindestens 20, oft aber 50 kb^m und darüber. Sie erfordern dabei fast stets zwei Mann und zwar auf jedem Ende einen, welche durch Steuern ein Anstossen zu vermeiden, sowie die Taue bei der Füllung durch den Bagger oder bei der Verbindung mit den Schleppdampfern und endlich die Ketten u. s. w. bei der Entleerung des Prahmes zu bedienen haben. Bei sehr grossen Prahmen und schwierigen Wasserverhältnissen sind jedoch zuweilen 3 bis 4 Mann erforderlich.

Damit die Kraft des Dampfers möglichst ausgenutzt wird, muss derselbe bei grösseren Entfernungen stets mehrere Prahme zugleich schleppen. Es entsteht dadurch für diese und ihre Bedienungsmannschaft unvermeidlich ein um so grösserer Zeitverlust, je grösser ihre Zahl. Die zweckmässigste Bestimmung der Grösse des Dampfers und der zu schleppenden Zahl der Prahme hängt von der Grösse und Füllungszeit der letzteren, der Weite des Transports und den Wasserverhältnissen, wie von Strömung und Wind ab, so dass bei Aenderung des einen Factors der Betrieb im Uebrigen eine Aenderung erfordert. Im Allgemeinen ist es daher zweckmässig verschiedene grosse und lieber mehrere kleine als einen grossen Dampfer zum Schleppen disponibel zu haben.

Trotz aller praktischen Umsicht bleibt jedoch das Schleppen vieler einzelner Prahme stets ein theueres Mittel und ist es deshalb für grossen Baggerbetrieb als ein bedeutender Fortschritt zu bezeichnen, dass Prahme mit eigener Dampfmaschine angewandt werden. Hiervon geben die Fig. 3 bis 6 zwei Beispiele und zwar sowohl von Prahmen mit Seitenklappen als auch mit Bodenklappen. Beide dargestellten Prahme sind bei der Erbauung des Suez-Canals verwandt, und tragen im Durchschnitt bezw. 85 und 125 kb^m. Sie besitzen jeder eine starke Maschine am Hintertheil des Schiffes mit je 2 symmetrisch liegenden Schiffsschrauben und fahren beladen 5 bis 6^{Km} in 1 Stunde. Im Ganzen waren davon 67 im Gebrauch. Ausser diesen kleineren Dampfprahmen wurden daselbst 36 grössere, nur mit Bodenklappen versehene, für den Transport nach den beiden offenen Meeren und den grossen Binnenseen dienende Dampfprahme benutzt, welche $3^m,85$ tief gingen, $42^m,7$ lang und 7^m breit waren, einen Fassungsraum von 200 kb^m und eine Dampfmaschine von nom. 50^{PS} besassen. Dieselben hatten jedoch nur eine $2^m,5$ grosse Schraube und fuhren mit 6 bis 7 Knoten, also fast mit doppelter Geschwindigkeit als jene.

Schon vor der Ausführung des Suez-Canales waren übrigens derartige Dampfprahme von ähnlicher Grösse und Einrichtung in England, namentlich auf der Clyde und der Tyne, sowie in einigen Häfen in Gebrauch. Nach den amtlichen Mittheilungen des zur Zeit die Arbeiten an der Clyde leitenden Ingenieurs J. Deas[18]) verhalten sich die Kosten für Beseitigung der Baggererde mit Hülfe der Dampfprahme *(Steam Hopper Barges)* im Vergleich zu den Kosten bei Verwendung von geschleppten Prahmen *(Towing Punts)* wie 1:3. Die dort gebrauchten 14 Dampfprahme, welche ausser den älteren 270 Schlepprahmen die 6 grossen bis 75^{PS} starken Bagger bedienen, fassen 320 cub. yards oder etwa 240 kb^m, gehen beladen $3^m,5$ tief, sind $43^m,5$ lang und $7^m,5$ breit, haben eine Maschine von nom. 40^{PS} und laufen 8 bis 9 Knoten. Die Mannschaft besteht dabei nur aus dem Capitain, 1 bis 2 Matrosen, 1 Maschinisten und 1 Heizer. Die Maschine wird angeheizt, sobald die Füllung beginnt, diese dauert je nach Umständen $1\frac{1}{4}$ bis 2 Stunden. Im Durchschnitt füllen 3 Bagger 16 bis 18 solcher Dampfprahme in 1 Tag. Ausser der Ersparung an Mannschaft, Kohlen und sonstigen Unterhaltungs- und Betriebskosten besteht der Vortheil der grossen Dampfprahme noch darin, dass sie bei bewegtem Wasser ungleich ruhiger und sicherer neben den Baggern liegen als die kleinen Prahme, dass wegen des seltenen Wechsels weniger Zeitverlust stattfindet und dass sie auch bei starkem Sturm zu den meist seewärts belegenen Abladestellen fahren können.

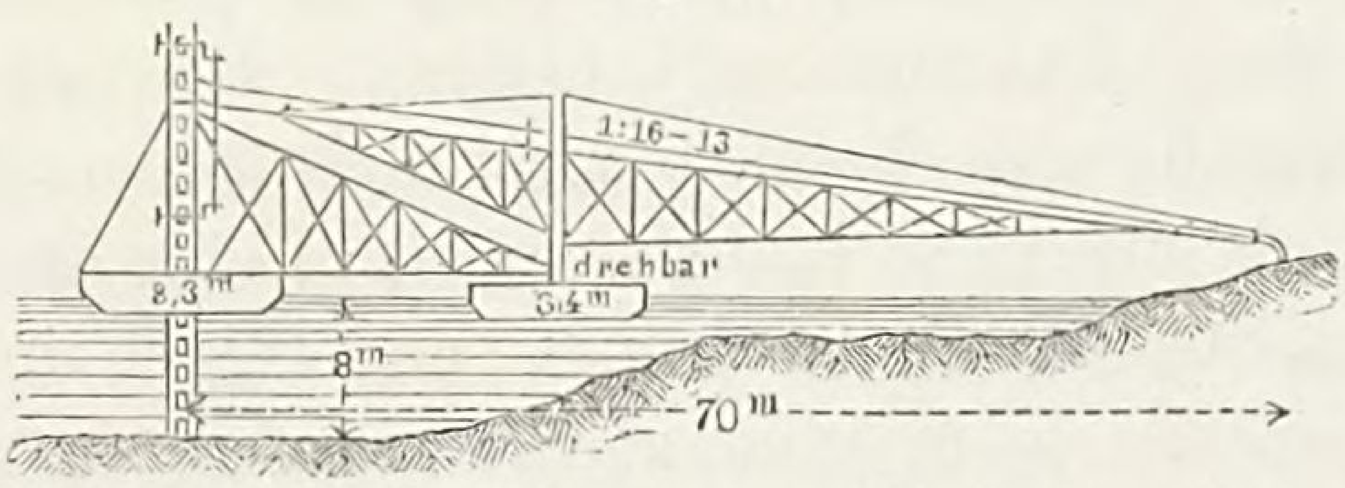
Wenn die Baggererde aufs Ufer gehoben und mit Eisenbahnen abgefahren

18) Deas, On the River Clyde. Glasgow 1876.

werden soll, empfiehlt es sich Prahme zu benutzen, welche auf ihrem Verdeck etwa 1 bis 3 kb^m grosse Kasten haben, die mittelst Hebevorrichtungen gehoben und in die Eisenbahnwagen verstürzt werden. Von dieser Einrichtung war z. B. bei dem Bau des Suez-Canals Gebrauch gemacht, und wurden auf beweglichen geneigten. Ebenen die Kasten 14^m hoch über den Canalspiegel gehoben. Näheres s. Bd. IV, Cap. V

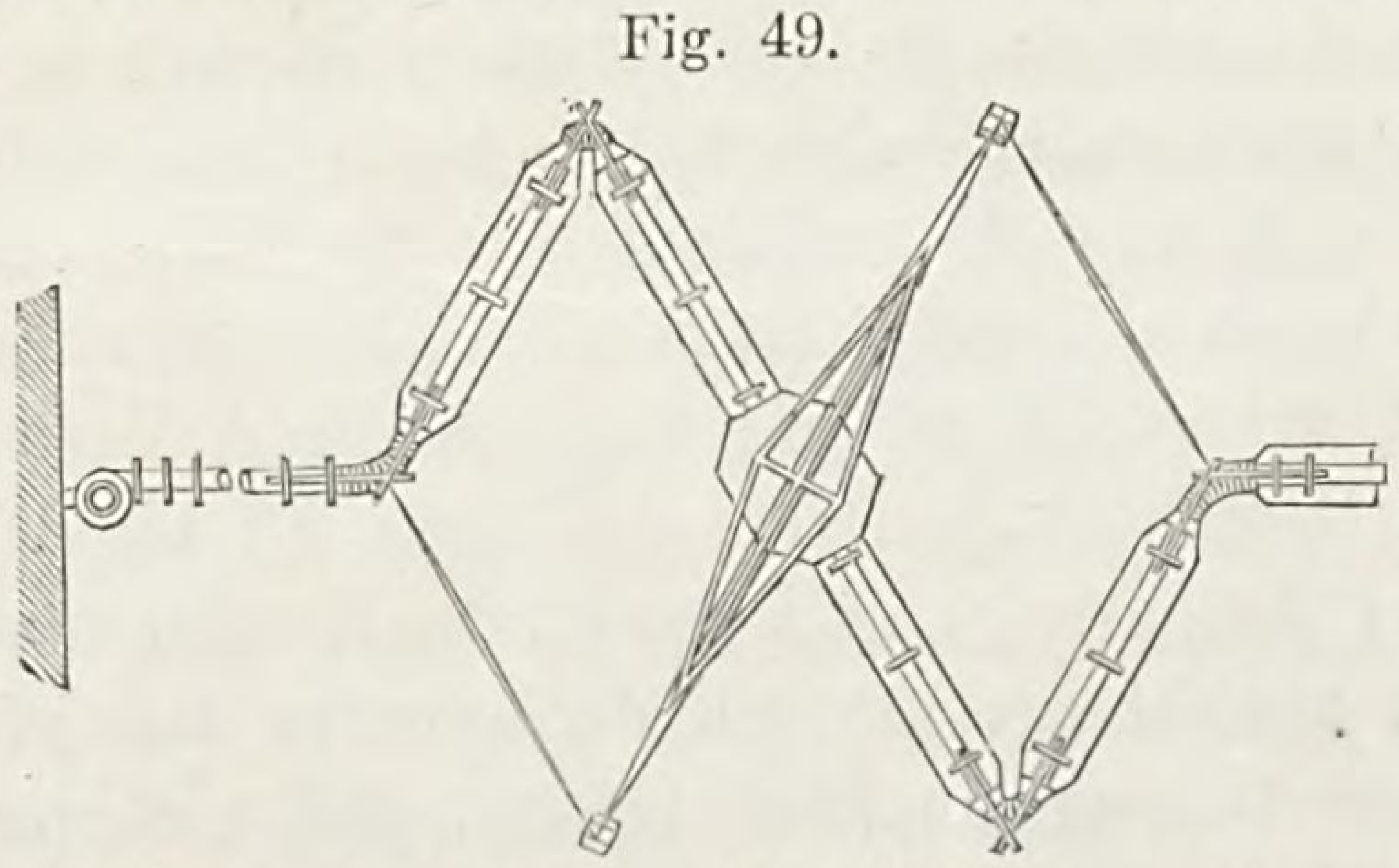
Die zweite Hauptmethode die Erde zu beseitigen geschieht mit Hülfe des Baggers selbst, wie bereits oben gelegentlich der Pumpenbagger erwähnt wurde. Im grossartigsten Maasstabe geschah dies seiner Zeit bei dem Suez-Canale, sowie später mit den dorthin verkauften Baggern an dem Donau-Canale bei Wien. Es hoben diese Bagger die Erde 14^m,8 hoch über Wasser und stürzten dieselbe in eine 70^m lange, bis auf das Ufer reichende mit 1:10 bis 13 geneigte halbcylindrische Schüttrinne. Diese Rinne war in einiger Entfernung vom Bagger durch ein besonderes mit dem Bagger fest verbundenes Fahrzeug unterstützt (s. nebenstehende Fig. 48). In den meisten Fällen musste durch eine Kreiselpumpe Wasser zum besseren Gleiten des Bodens in die Rinne geschöpft werden. In ähnlicher Weise ist auch später bei dem Amsterdamer Nordseecanale an solchen Stellen verfahren, wo die Bagger dem Ufer nahe genug arbeiteten.

Fig. 48.



Bei dem Bau des Amsterdamer Nordseecanales hat man zuerst die Kreiselpumpe benutzt und nach Fig. 23, Taf. LX die Baggererde von dem Bagger aus nach den entfernteren Abladestellen zu schaffen. Es nimmt diese Methode eine Mittelstufe ein zwischen derjenigen, wobei die Erde mit Hülfe des Baggers selbst ans Ufer geschafft wird und wobei dies mit Hülfe besonderer Zwischenapparate geschieht, indem die Kreiselpumpe zwar ein besonderer Apparat, aber doch von der Dampfmaschine des Baggers bedient und unmittelbar an demselben befestigt ist. Die Erde fällt von der Schüttrinne in das senkrechte Rohr, in welchem sich unten in der Höhe des Wasser spiegels ein 1^m,07 im Durchmesser haltender Kreisel befindet. Derselbe ist ebenfalls von unten offen und kann je nach Bedürfniss dem von oben kommenden Boden Wasser zusetzen. Von beiden Seiten kann in jedem Augenblick der Zufluss durch ein Ventil regulirt werden. Aus dem Kreisel gelangt das etwa 50% feste Stoffe enthaltende Material in ein auf dem Wasser schwimmendes, durch mehrere Gelenke nach nebenstehender Fig. 49 zickzackförmig gelegtes Rohr von 0^m,4 Durchmesser, welches durch Balancirstangen gegen Drehung geschützt ist und an seinem freien Ende durch Ansatzrohre beliebig verlängert werden kann. Das freie Ende des Rohres kann über etwaige Dämme gelegt werden, wenn die Ablagerung hinter diesen zu erfolgen hat. Der Bagger darf sich ohne Rücksicht auf das Rohr bewegen, so lange nur dessen freies Ende richtig liegt und von Zeit zu Zeit verlegt wird. Bei dem genannten Canale hat das Rohr eine Länge von 250^m erreicht, ohne dass der Bagger in seiner Leistung hätte eingeschränkt werden müssen. Vgl. Wiebe, Nordseecanal bei Amsterdam, Zeitschr. f Bauw. 1872 und Engineering 1868.

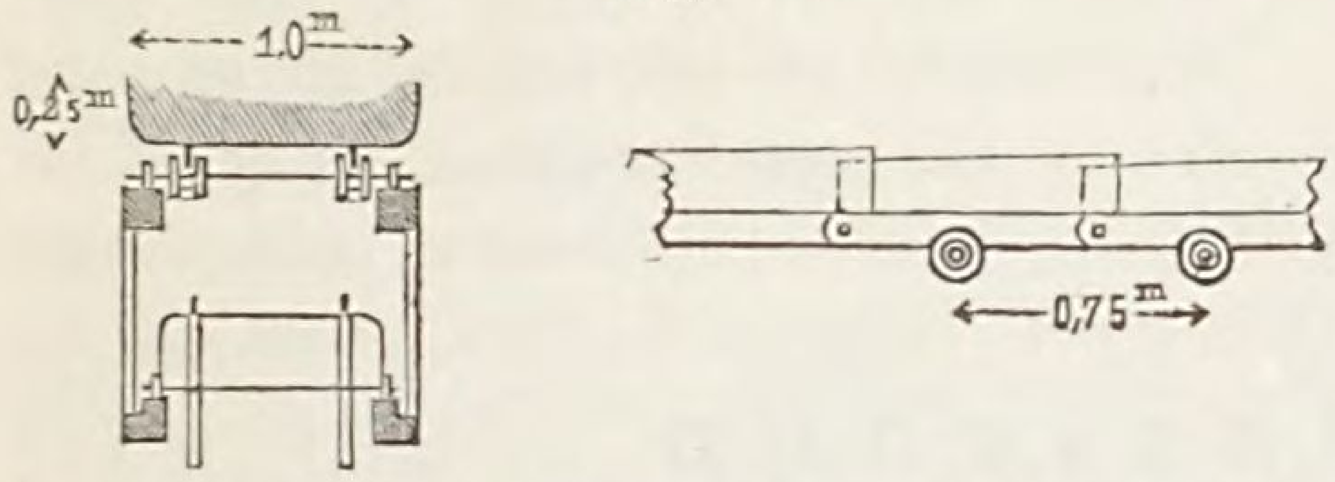
Fig. 49.



Für kleinere Verhältnisse ist diese Einrichtung u. A. in dem Hafen von Papenburg mit gutem Erfolge nachgeahmt. Nur ist dabei eine besondere kleinere Centrifugalpumpe neben dem eigentlichen Ejector aufgestellt, welche schon oben in die Schüttrinne Wasser giesst. Diese Anordnung bezweckt, auch ohne etwaige Benutzung des Ejectors, etwaigen schweren Boden in der Schüttrinne verdünnen zu können.

Ein selbstständig neben dem Bagger wirkender Apparat ist die in Fig 10, Taf. LX dargestellte, ebenfalls am Amsterdamer Canal gebrauchte Platten-Kette ohne Ende, welche auf jedem Gliede einen vorn und hinten offenen Schlammkasten trägt. Die obere volle Kettenhälfte läuft nach nebenstehender Fig. 50 wie bei dem Eimer-Bagger auf kleinen festen Laufrollen, während die untere leere Seite grosse Rollen zu ihrer Unterstützung hat. Die bewegende Trommel wird in der Nähe des Baggers durch eine besondere Dampfmaschine gedreht. Die ganze Kette ruht mit einem festen Träger auf zwei gekuppelten Schiffen. Die ganze Anordnung ist jedoch längst nicht so bequem für die Bewegung des Baggers und dürfte durch die Reibung der Kette auf den Rollen und in ihren Gelenken gewiss dem Transport durch den Kreisel nachstehen.

Fig. 50.



Endlich sei hier noch die im Jahre 1877 ausgeführte Pumpstation für Baggerschlick in Bremerhafen erwähnt, welche in Fig 12 und 13, Taf. LX dargestellt ist. Dieselbe hat den Zweck den im Hafen gebaggerten Schlick nicht mehr durch Schlepprahmen nach der Weser transportiren zu müssen, welches wegen der nur kurzen Oeffnungszeit der Dockschleusen, des bei Sturm unsicheren Schleppens u. s. w. sich als sehr umständlich und ebenso kostspielig erwies. Es wird vielmehr durch die 20^{PS} starke Maschine, welche drei Saug- und Druckpumpen treibt, der Schlick aus den im Hafen bleibenden Prahmen gehoben und nach Belieben entweder in die Weser (s. Fig. 2, Taf. LVII) oder auf eine bestimmte Fläche des Binnenlandes gedrückt. Jede Pumpe hat $0^m,4$ Durchmesser im Kolben und $0^m,6$ Hub, und arbeitet unabhängig von der anderen. Das für alle Pumpen gemeinsame Druckrohr von $0^m,3$ Weite gabelt sich nach den genannten beiden Richtungen. Der in die Weser geförderte Schlick wird von der Strömung spurlos beseitigt, wogegen der aufs Land geschaffte austrocknet und zu landwirthschaftlichen Zwecken abgefahren wird. Die Schlickpumpe beseitigt in einem Tage 1000 bis 1200 kb^m Schlick. Die Kosten für die Fortschaffung des Schlickes haben sich hierdurch auf 0,4 der früheren Kosten ermässigt.

Literatur.

G. Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst. III. Theil. Berlin 1863.

Storm Buysing, Handleiding tot de kennis der waterbouwkunde. Breda, van Brolte & Co. 1864.

The design and construction of harbours, by Thomas Stevenson. Edinburgh, A. & C. Black. 1874.

Latour et Gassend, Travaux hydrauliques maritimes. Marseille 1861.

E. Cresy, Encyclopaedia of civil engineering. London 1865.

Friedmann, Officieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung zu Wien. 1873.

E. Heider, Der Bau der Trockendocks im Arsenale des österr. Lloyd in Triest und Pola. Graz. 1873.

Derselbe. Der Bau der vereinigten Slip- und Trockendocks u. s. w. in Triest. Triest. 1861.

Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870. Rapport de mission par M. Malézieux. Paris, Dunod 1873.

Exposition universelle à Paris en 1867. Notices sur les modèles pp. relatifs aux travaux publics. Paris, Thunot et Co. 1867.

Exposition universelle à Vienne en 1873. Notices sur les modèles pp. Paris, Imprimerie nationale 1873.

XVIII. Capitel.

Schiffahrtszeichen.

Bearbeitet von

G. Franzius,

Marine-Hafenbaudirector in Gaarden bei Kiel.

(Hierzu Taf. LXVI, LXVII und 15 Holzschnitte).

§ 1. Zweck und Arten der Seezeichen. Im vorhergehenden Capitel (§ 1) ist bereits hervorgehoben, dass den Schiffen sehr grosse Gefahren drohen, sobald sie sich den Küsten nähern. Treten hier Stürme und Nebel ein, welche den Curs in unbestimmbarem Maasse beeinflussen und die natürlichen Leuchtfeuer am Himmelsgewölbe verfinstern, so steuert auch der erfahrenste Seemann irregeleitet der Klippe zu und das Schiff, das unbeschädigt die Erde umfuhr, zerschellt vielleicht an dem heimathlichen Strande.

Um dieses zu verhindern muss sowohl die Nähe des Ufers auf möglichst grosse Entfernung hin bemerkbar, als auch hiernach die ganze Küste durch unveränderliche Schiffahrtszeichen leicht und sicher erkennbar gemacht werden. Dementsprechend haben alle diese Zeichen entweder den Zweck, als Hauptmarken die Küste im Allgemeinen oder als Nebenmarken gewisse einzelne Punkte des Ufers, wie z. B. Untiefen, Flussmündungen, Fahrwasser u. s. w. zu bezeichnen.

Der physicalischen Wirkungsweise, der baulichen Anordnung und Construction nach sind folgende verschiedene Arten zu unterscheiden:

A. Sichtbare (optische) Zeichen und zwar
- a. Feste oder Landmarken
 - 1. Tagesmarken (Baken oder Kape)
 - 2. Nachtmarken (Leuchtthürme);
- b. Schwimmende Zeichen
 - 1. Tagesmarken (Tonnen und Bojen).
 - 2. Nachtmarken (Feuerschiffe).

B. Hörbare (akustische) Zeichen
- a. am Lande aufgestellt (Kanonen, Gongs, Glocken, Pfeifen, Hörner, Sirenen)
- b. Schwimmende Zeichen (Glockenbojen, Courtenay's selbstthätige Boje).

Ausgeschlossen von der nachfolgenden Betrachtung sind alle diejenigen Zeichen, welche die auf der Fahrt befindlichen Schiffe selbst geben, z. B. um Collisionen mit anderen Schiffen zu vermeiden.[1]) Ferner sind auch die an Flüssen von geringerer Breite, sowohl im Fluthgebiet als oberhalb desselben, vorkommenden einfacheren Mittel zur Bezeichnung des Fahrwassers, des Ufers oder der Untiefen u. s. w. hier nicht weiter besprochen.[2]) Es darf jedoch bemerkt werden, dass bei intensiverem Betriebe der Flussschiffahrt die Anwendung von Nachtmarken oder die Beleuchtung des Flusses während der Nacht schon hier und dort gefordert wird. Ferner wird bei eiliger Ausführung wichtiger Bauten, sowie bei lebhaftem Betriebe in einzelnen Hafentheilen eine künstliche intensive Beleuchtung in neuerer Zeit angestrebt. Die im Nachstehenden beschriebenen Beleuchtungs-Methoden können zum Theil auch für derartige Zwecke nutzbar gemacht werden und besitzen deshalb ein allgemeineres Interesse als lediglich für die Seeschiffahrt.

§ 2. **Geschichtliches.** Es ist wahrscheinlich, dass die ersten Versuche zur Bezeichnung der Küsten schon in allerfrühester Zeit gemacht worden sind, da schon im dritten Jahrhundert v. Chr. auf der Insel Pharos der unter Ptolemaeus Philadelphus erbaute Thurm — der sogenannte Pharus von Alexandria — bestand, welcher, wie Alan Stevenson aus Strabo, Plinius, Josephus u. A. nachweist, unzweifelhaft als Leuchtthurm diente, und wenn die Angaben des Josephus richtig sind, eine grössere Sichtweite besass, als alle Thürme der späteren Zeit.[3])

Plinius erwähnt kurz die Leuchtthürme von Ostia und Ravenna. Von neueren Schriftstellern werden noch als aus dem Mittelalter herstammend der Thurm an der Mündung des Guadalquivir, der von Corunna, von Boulogne und von Dover genannt.

Der erste ausführlich beschriebene und durch Zeichnung dargestellte Thurm neuerer Zeit ist der von Cordovan an der Mündung der Garonne, der in den Jahren 1584—1610 erbaut wurde.[4])

Von ganz besonderem Interesse sind sodann die Bauten auf dem Inselfelsen Edystone bei Plymouth. Der erste hier errichtete Thurm wurde nach kurzer Thätigkeit 1703 mit seinem Erbauer vom Sturm ins Meer gestürzt. Der zweite brannte 1755 ab. Der von Smeaton 4 Jahre später errichtete massive Thurm wurde jedoch wegen seiner Stabilität, welche durch zweckmässige Vertheilung der Massen und durch sorgfältige Construction des Details erreicht wurde, ein Muster für eine ganze Reihe folgender Thürme.

Anfangs vereinzelt, dann immer zahlreicher springen die Funken von Ufer zu Ufer und in unserer Zeit wächst die Zahl der Leuchtfeuer mit jeder Nacht.

Trotzdem gingen im Jahre 1876 nach den Ermittelungen des deutschen nautischen Vereins noch 1558 Schiffe auf See verloren.

§ 3. **Sichtbare Zeichen. Ihre Stellung und Sichtweite.** Die Stellung der sichtbaren (optischen) Zeichen muss, wenn dieselben als Hauptmarken dienen sollen, derartig gewählt werden, dass sie von der See aus früher als jeder andere Punkt der Küste erkannt werden können, und zwar so frühzeitig, dass das ansegelnde und sich orientirende Fahrzeug seinen Curs noch beliebig zu ändern vermag, ohne sich in gefährlicher Weise dem Ufer zu nähern. Die Entfernung zweier Hauptmarken von einander soll nach allgemein gültiger Regel kleiner sein, als die Summe ihrer beiden Sichtweiten, so dass ein parallel zur Küste fahrendes Schiff stets ein Zeichen in Sicht behält. Bei Anwendung dieser Vorschrift sollte aber nicht, wie in der Regel geschieht, die Sichtweite unter normalen Witterungsverhältnissen, sondern bei Unwetter zu Grunde gelegt werden, da die Seezeichen für alle Fälle ausreichen sollen.

Die Nebenmarken müssen genau an den Punkten aufgestellt sein, welche sie bezeichnen sollen. Linien, wie z. B. Fahrwasser, werden durch zwei Marken

[1]) Vergl. u. A. kaiserl. Verordnung vom 23. December 1871 betr. Maassregeln zur Verhütung des Zusammenstosses der Schiffe auf See.

[2]) Man vergl. jedoch Cap. IX. § 16, S. 518.

[3]) Vergl. Alan Stevenson. Rudimentary treatise etc., S. 4. — Woltmann. Beiträge u. s. w. 3. Band, S. 255.

[4]) Belidor. Archit. hydraul. Band IV.

(Richtbaken, Leitfeuer) festgelegt, von denen die hintere höher sein soll, als die vordere, um nicht ganz verdeckt werden zu können.

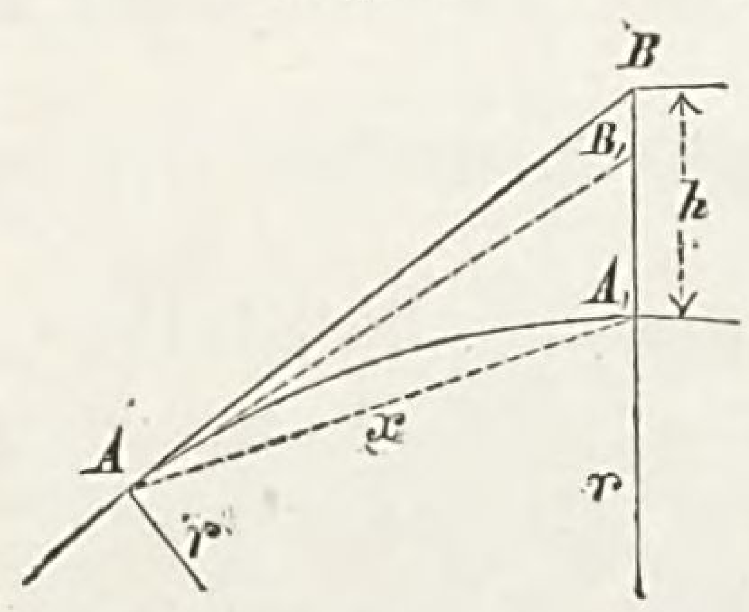
Ihre Sichtweite ist so zu bemessen, dass das nahende Fahrzeug, wenn es das Zeichen in Sicht bekommt, ohne Schwierigkeit den durch dasselbe vorgeschriebenen Curs zu nehmen im Stande ist. Die Nebenmarken sind von einander unabhängig und richtet sich ihre gegenseitige Entfernung ganz allein nach der Beschaffenheit des Ufers. Sie wird also um so geringer, je gefahrvoller die Küste in Folge von Untiefen, Strömungen u. s. w. ist. Andererseits erfordert ein durch charakteristische Formen weithin kenntliches Ufer eine geringere Zahl künstlicher Marken als ein flacher Strand.

Auf Taf. LXV ist in Fig. 11 eine Uebersichtskarte der Leuchtfeuer an der pommerschen Küste gegeben. Aus derselben ist ersichtlich, dass nach Vollendung des Funkenhagener Thurmes sich dort die Lichtkreise ausnahmslos schneiden. Es ist also der oben aufgestellten Forderung zwar im Allgemeinen genügt, aber nur bei mittlerer Sichtigkeit des Wetters. Wird die Sichtweite jedes Feuers durch trübe Luft nur etwas verringert, so wird die Küste noch immer an vielen Stellen unzureichend erleuchtet bleiben, zumal die Lichter verschwinden, wenn sie am meisten gebraucht werden.

Die Sichtweite x eines Seezeichens lässt sich aus der Höhe h desselben über dem Meeresspiegel und aus dem Erdradius r berechnen, wobei auf die erforderliche Correction wegen der Strahlenbrechung der Atmosphäre Rücksicht zu nehmen ist.

Ist der höchste Punkt B des in $A_{,}$ errichteten Zeichens in der Entfernung x von A, also bei A noch sichtbar, liegt also B in dem scheinbaren Horizont des Punktes A, so ist, da man $AB = AA_{,} = x$ annehmen darf:

Fig. 1.



$$x^2 + r^2 = (r + h)^2 \quad \text{oder}$$

$$r + h = r\left(1 + \frac{1}{2}\frac{x^2}{r^2} - \frac{1}{8}\frac{x^4}{r^4} + \ldots\right),$$

also $h = \frac{x^2}{2\,r} - \frac{x^4}{8\,r^3} + \ldots$, wofür jedoch

$$h = \frac{x^2}{2\,r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$

gesetzt werden kann, da das zweite Glied der Reihe bei denjenigen Entfernungen, in welchen Seezeichen überhaupt noch ohne unverhältnissmässig hoch zu werden verwendbar sind, keinen merkbaren Einfluss äussert.

Nun ist aber die Meereshöhe eines im scheinbaren Horizont AB sichtbaren Punktes B in Wirklichkeit nicht $A_{,}B = h$, sondern $A_{,}B_{,}$, da das in A befindliche Auge den leuchtenden Punkt in der Tangente der von dem Lichtstrahl in Folge der Strahlenbrechung beschriebene Curve zu sehen glaubt. Es muss also h entsprechend dem Refractionswinkel $BAB_{,}$ verkleinert werden.

Dieser Winkel ist abhängig von der Entfernung der Punkte A und B, d. h. von dem Centriwinkel C und kann, wenn er auch nach den Tageszeiten und dem Zustande der Atmosphäre schwankt, nach Beobachtungen von Gauss zu 0,0653 C angenommen werden.

Andererseits ist der Winkel $BAA_{,} = {}^1/_2\, C$ und da bei der Kleinheit der Winkel angenommen werden darf, dass

$$BB_{,} : BA_{,} = \angle BAB_{,} : \angle BAA_{,} \quad \text{so ist} \quad BB_{,} : h = 0{,}0653\, C : {}^1/_2\, C \quad \text{oder}$$

$$BB_{,} = 0{,}1306\; h = 0{,}1306\; \frac{x^2}{2\,r}\;.$$

Es ist daher die corrigirte Meereshöhe des Punktes B

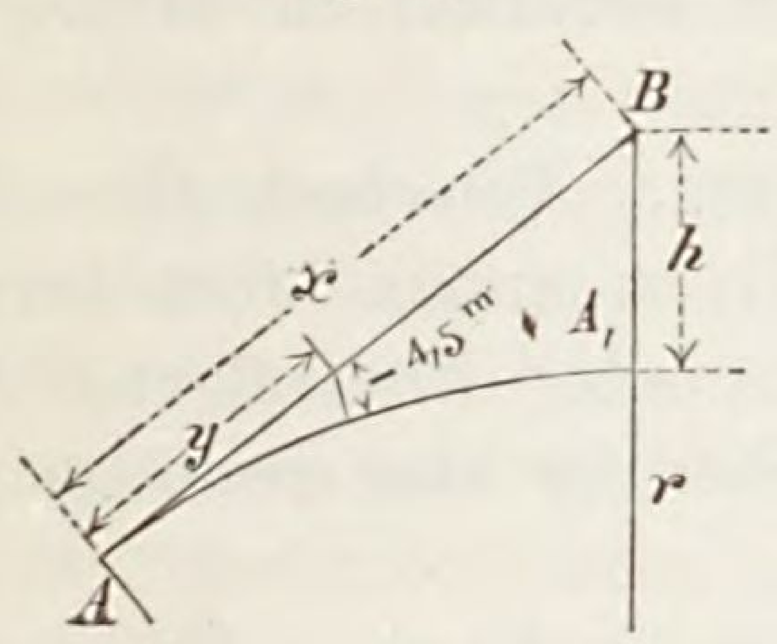
$$h_{,} = \frac{x^2}{2\,r} - 0{,}1306\,\frac{x^2}{2\,r} = 0{,}8694\,\frac{x^2}{2\,r} \quad \ldots\ldots\ 2.$$

Drückt man $h_{,}$ in Meter und x in Seemeilen[5]) aus, so ergiebt sich, da der Radius der Erde $r = 6373200^{m}$ beträgt:

$$h_{,} = 0{,}235\,x^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 3.$$

In der Praxis ist nun noch zu berücksichtigen, dass das Auge des Beobachters bei A nicht in der Höhe des Meeresspiegels, sondern auf dem Deck irgend eines Fahrzeuges sich befindet. Es braucht also die Höhe eines Seezeichens, welches in der Entfernung x gesehen werden soll, nur so gross zu sein, dass sie einer Sichtweite $x - y$ entspricht, wo nach Fig. 2 y die Sichtweite eines in Deckshöhe befindlichen Punktes bezeichnet. Diese Beobachtungshöhe vom Deck aus wird z. B. von der deutschen Admiralität stets zu $4^{m},5$ angenommen und es ergiebt sich y aus Gleich. 3, wenn man in dieselbe $h_{,} = 4{,}5$ einsetzt. Man erhält alsdann $y = 4{,}4$ Seemeilen. Hiernach berechnet sich die Sichtweite x vom Bord eines Schiffes aus der Formel:

Fig. 2.



$$h = 0{,}235\,(x - 4{,}4)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 4.$$

Bei einer Höhe des Leuchtfeuers von 50^{m} über dem Meeresspiegel beträgt daher die Leuchtweite $x = \sqrt{\frac{50}{0{,}235}} + 4{,}4 =$ rund 19 Seemeilen.

Da die erforderliche Höhe der Seezeichen mit dem Quadrat der geforderten Sichtweite wächst und z. B. bei 25 Seemeilen schon rund 100^{m} betragen muss, so ist hierdurch zugleich die grösste Entfernung angedeutet, bis zu welcher etwa eine niedrige Küste nach See zu bezeichnet werden kann.

§ 4. Landmarken. 1. Tagesmarken. Die festen oder Landmarken lassen sich, wie in § 1 gesagt, in Tages- und Nachtmarken trennen. Erstere sollen ausschliesslich bei Tage, letztere zwar vorzugsweise bei Nacht sichtbar sein, dienen jedoch in den meisten Fällen gleichzeitig auch am Tage als Schiffahrtszeichen. Wenn die Tagesmarken zu Hauptmarken bestimmt sind, so werden sie in der Regel als hohe thurmartige Holzgerüste — an der Nordsee „Kape“ genannt, construirt, welche, von verschiedenen Seiten gesehen, auch verschiedene, aber immer möglichst auffallende Form zeigen. Siehe Taf. XLV. — Sie müssen daher grosse Flächen besitzen, die jedoch von durchbrochenem Gitterwerk hergestellt werden um dem Winddrucke weniger ausgesetzt zu sein. Oft ist auch ein gemauerter Unterbau vorhanden, auf welchem eine drei- oder vierseitige Rüstung errichtet ist. Dieselbe muss selbstverständlich sehr stark verankert werden.

Tagesmarken zur Bezeichnung einzelner Punkte pflegen aus Baken, leichten Holzgerüsten oder einfachen Steinpyramiden zu bestehen, siehe Fig. 13 u. 14, Taf. LXVI. Ferner werden, wie in Cap. XIV, § 25 bereits erwähnt ist, alle möglichen Bauwerke, namentlich Thürme, Windmühlen u. s. w., wenn sie eine geeignete Lage und charakteristische Form besitzen, als Tagesmarken benutzt.

Dagegen ist noch zu bemerken, dass die Nebenmarken in vielen Fällen nicht ausschliesslich zur Bezeichnung bestimmter Orte dienen, sondern namentlich in der

5) Wenn in diesem Capitel von Meilen gesprochen wird, sind stets Seemeilen gemeint. Eine Seemeile = 1852^{m}.

Nähe der Häfen gleichzeitig als Signale aller Art, zur Angabe der Wasserstände, der Witterungsbeobachtungen, Lootsenverhältnisse u. s. w. Dahin gehören z. B. die sogenannten Winkbaken, bei denen das obere Ende mit einer Flagge versehen ist und nach beiden Seiten geneigt werden kann, wodurch das anfahrende Schiff angewiesen wird nach rechts oder links zu steuern. Ferner die Sturmsignale der Seewarten, welche mit charakteristisch gestalteten Körpern oder mit Flaggen gegeben werden. Dabei bedeutet das Aufziehen des Balles, dass irgend eine Störung eintreten wird. Durch zwei Kegel, die mit der Spitze nach oben oder unten gerichtet sind, wird angedeutet, aus welcher Himmelsgegend in den nächsten 36 Stunden der Wind wehen wird. Ein hinzugefügter Cylinder meldet sehr starken Sturm an; eine Flagge kündet an, dass der Wind mit der Sonne herumgeht, zwei Flaggen bedeuten die entgegengesetzte Drehung u. s. w.

§ 5. Landmarken. 2. Nachtmarken. Der Thurm. Von noch grösserer Bedeutung als die Tagesmarken sind im Allgemeinen die Nachtmarken. Jene lassen sich wenigstens in gewisser Weise durch grosse Vorsicht in der Berichtigung des Curses und durch Tiefenmessungen ersetzen; ohne Nachtmarken ist aber eine Küstenschiffahrt bei dunkler Nacht geradezu unmöglich.

Hinsichtlich der bereits im Allgemeinen besprochenen Entfernung, Höhe und Sichtweite ist für Nachtmarken insbesondere zu beachten, dass die Letztere nicht blos von der Höhe über dem Horizont, sondern auch wesentlich von der Stärke des gespendeten Lichtes abhängt. Von dieser wird im folgenden Paragraphen die Rede sein.

Bei jeder Nachtmarke sind zunächst zwei von einander unabhängige Theile zu unterscheiden: der Leuchtapparat und das diesen Apparat tragende Bauwerk oder der Thurm.

Der Thurm hat den Zweck eine sichere Aufstellung und Wartung des Lichtes zu ermöglichen. Soll Letzteres nur auf geringe Entfernung sichtbar sein, wie dies bei den Hafenfeuern der Fall ist, so kann zur Unterstützung desselben ein hoher Laternenpfahl ausreichen. Bei wirklichen Seezeichen muss der Leuchtapparat jedoch auf einem thurmartigen Gerüst angebracht werden, welches in möglichster Nähe des Apparats einen zweiten Raum für den Wärter enthalten muss. Die eigentliche Wohnung des Wärters liegt jedoch zweckmässig nicht im Thurme selbst, sofern dies überhaupt vermieden werden kann, sondern in der Nähe des Thurmes, damit der Wärter nicht im Stande ist, die Wachtstube mit dem Wohnzimmer zu vertauschen und der Staub der Wohnung nicht in den Lampenraum dringt.

In neuerer Zeit pflegt man ausser jenen beiden Räumen noch solche für Nebelhörner nebst Dampfkessel und Betriebsmaterialien anzulegen und so mit dem sichtbaren Seezeichen zugleich ein hörbares zu verbinden. Eine solche Verbindung ist jedenfalls sehr zweckmässig, weil die Marke dadurch in den Stand gesetzt wird, ihren Zweck jederzeit erfüllen zu können.

Als Baumaterial wird für die Thürme Holz, Stein und Eisen angewandt. Holz allerdings seiner Feuergefährlichkeit wegen nur ausnahmsweise in solchen Gegenden, in denen Stein und Eisen nur mit unverhältnissmässigen Kosten zu beschaffen sind oder bei Marken kleinster Art.

Zwischen den letztgenannten Materialien findet dieselbe scharfe Concurrenz statt wie bei den Brückenbauten, und man wird sich je nach den Umständen für dieses oder jenes entscheiden. Im Allgemeinen lässt sich nur sagen, dass wenn der Baugrund günstig ist und Arbeitskräfte und Materialien ohne zu grosse Schwierigkeit

herangebracht werden können, stets ein steinerner Thurm erbaut werden soll, weil er dauerhafter und daher billiger zu unterhalten ist, als der eiserne. Auch ist die erforderliche Stabilität des Thurmes gegen Wind- und Wellendruck sicherer durch Verwendung grosser Massen, welche durch ihr Gewicht widerstehen, zu erreichen, als durch Constructionen, bei denen sowohl die Verbindung der einzelnen Theile unter einander, als auch die Verbindung des Ganzen mit dem Baugrunde, durch die sich stets wiederholenden Angriffe zerstörender Kräfte allmählich gelockert wird.

In dieser Hinsicht verdienen daher die steinernen Thürme den Vorzug vor den eisernen. Alan Stevenson ist sogar der Ansicht, dass auf Felsen, die dem Seegange in vollem Maasse ausgesetzt sind, wie z. B. diejenigen, auf denen der Skerryvore-Leuchtthurm errichtet wurde, eiserne Thürme wegen ungenügender Stabilität durchaus unzweckmässig sein würden.

Dagegen ist es nur durch Anwendung der Eisenconstruction möglich geworden, eine ganze Reihe von Leuchtthürmen an den einsamsten Klippen und Sandbänken des Oceans zu errichten, indem man sie, in ihre Theile zerlegt, aber fertig bearbeitet heranbrachte, und mit verhältnissmässig wenig Arbeitern in kurzer Zeit aufstellte, ja selbst manchmal wieder auseinander nahm und an gelegenerer Stelle neu errichtete. Der Vortheil leichter Versetzbarkeit ist aber in solchen Fällen von grossem Werth, wo man sich vielleicht erst nach einer längeren Reihe von Jahren überzeugt, dass der Bauplatz gegen die Angriffe der See entweder gar nicht zu halten ist, wie z. B. der mehrfach erwähnte, von der See unterwaschene Edystone, oder dass eine Erhaltung des vorhandenen Thurmes nur durch Schutzwerke mit grossen dauernden Kosten zu erreichen ist, wie auf der Insel Wangeroog.

1. Thürme von Stein. Die grösste Schwierigkeit bei dem Bau steinerner Thürme liegt in der Herstellung eines sicheren Fundaments, besonders wenn es darauf ankommt den Baugrund sowohl tragfähig zu machen, als auch gegen Unterspülung zu sichern. Wenn nun auch die Fundirung als solche von derjenigen eines Brückenpfeilers z. B. nicht wesentlich abweicht und daher ein Eingehen auf die verschiedenen Constructionsarten nicht erforderlich erscheint, so mag doch nachstehendes, in Fig. 8, Taf. LXVI dargestelltes Beispiel als Beleg dafür dienen, mit welchen Schwierigkeiten häufig beim Bau von Leuchtthürmen zu kämpfen ist.

Südlich von Brest liegt die kleine Insel Sein, welche sich in einer Reihe von einzelnen Felsen etwa 8 Seemeilen weit ins Meer hinaus erstreckt. Die meisten von ihnen bleiben immer unter Wasser und bilden eine Art Wehr, gegen welches die Strömung mit Heftigkeit anschlägt, mehrere Meilen im Umkreis die Schiffahrt gefährdend. Einer dieser Felsen, der von Ar-Men, welcher bei den tiefsten Ebben etwa zweimal im Jahre um höchstens $1^{m},5$ trockenläuft, wurde für die Errichtung eines Leuchtthurms ausersehen. Von Anwendung einer Eisenconstruction nach Art der Fig. 9, Taf. LXVI wurde Abstand genommen, weil die Bohrung von Löchern mit etwa 20^{cm} Durchmesser zur Befestigung der eisernen Säulen zu viel Zeit erfordert hätte. Auch fürchtete man, dass der Felsen, welcher nur einen sehr geringen Umfang hat und steil in die Tiefe abfällt, den Sprengungen nicht genügenden Widerstand bieten möchte. Endlich war es unmöglich schwere Eisenstücke auf dem Felsen zu landen, da die Anfahrt an denselben selbst mit leichten Booten schon höchst gefährlich war. Es wurde daher beschlossen einen massiven Leuchtthurm aufzuführen und zu dem Zwecke auf der ganzen Felsenkuppe in je 1^{m} Entfernung Löcher von 30^{cm} Tiefe zu bohren. In diese sollten 1^{m} lange, 6^{cm} starke Eisenstangen gesteckt werden, um zunächst eine Verankerung für den Sockel des Leuchtthurms herzustellen, und gleichzeitig den Zusammenhang des Felsens zu sichern. Für die Bohrung der Löcher wurden Fischer der Insel Sein angeworben. Diese kletterten mit einem Kork-Gürtel um den Leib aus ihren Barken auf den Felsen und arbeiteten je 2 Mann an einem Bohrloch mit äusserster Anstrengung, unaufhörlich von den Wellen bespült, die über ihren Köpfen zusammenschlugen. Ward einer der Leute von den Wellen fortgetragen, so hielt ihn sein Korkgürtel über Wasser, die heftige Strömung

führte ihn rasch vom Felsen, an dem er sonst zerschlagen worden wäre, in die See hinaus, um dort von dazu bestimmten Booten aufgenommen und nach der Arbeitsstelle zurückgeführt zu werden. Im ersten Jahre wurden zur Zeit der Aequinoction 8 Arbeitsstunden gewonnen, in denen 15 Löcher an den vorspringendsten Stellen des Felsens gebohrt wurden. Im nächsten Jahre gelang es 40 neue Löcher herzustellen und einzelne Vorsprünge abzuhauen. Im dritten wurden die Eisenstangen eingesteckt und vergossen, auch mit dem Mauern begonnen, aber noch 4 weitere Jahre waren erforderlich, um etwa 100 kb^m Mauerwerk auszuführen und ein 1 bis 2^m hohes Plateau zu schaffen, auf dem die weiteren Arbeiten mit grösserer Sicherheit und Schnelligkeit fortgeführt werden konnten.

Besonders interessant durch seine Fundirung ist ferner der Leuchtthurm auf dem Spectakle Riff im Hudson-See. Derselbe ist in einer Wassertiefe von etwa 4^m auf Felsen erbaut. Um die Baustelle und die Fundamente zu schützen wurde ein aus doppelten Wänden bestehender hölzerner Kasten von rund 30^m Aussenseite und 15^m innerer Weite nach vorher sorgfältig ermittelter Form des Felsgrundes am Lande hergestellt, dann herangeflösst und durch 1800^T Steinmaterial versenkt, so dass eine quadratische Wasserfläche von 15^m Breite ringsum durch einen $3^m,5$ über Wasser reichenden Damm namentlich gegen Eisgang gesichert war. In diesem Raum wurde die Sohle gereinigt und sodann ein tonnenartig construirter, aufrecht stehender Cylinder aus 15^{cm} starken Hölzern, welche innen durch Holzkränze versteift, aussen durch eiserne Bänder gehalten wurden, bis auf den Felsen hinabgedrückt, indem man jedes Holz hinabrammte. Nachdem sodann durch Taucher die kleinen Undichtigkeiten und Fugen mit Tauwerk und Heu abgedichtet und die Zwischenräume zwischen dem Cylinder und den Innenwänden des Dammes durch Beton gefüllt waren, wurde der Cylinder ausgepumpt und der Thurm von Unten auf regelrecht gemauert.

Diese Construction ist durchaus zu empfehlen, da es an einer dem Seegange stark ausgesetzten Baustelle ausserordentlich schwierig sein würde, namentlich den ersten Fangedamm auf andere Weise herzustellen, weil die Anwendung von Beton in bewegtem Wasser nicht rathsam und, wenn der Bauplatz weit vom Ufer entfernt, kaum möglich ist. Eine Fundirung auf grossen künstlichen Blöcken würde zwar ebenfalls ausführbar, aber theurer und weniger solide sein.

Wenn der Baugrund nicht aus Felsen besteht und der Fuss des Thurmes den Angriffen der See ausgesetzt ist, so muss das Fundament nicht nur durch Spundwände ringsum eingeschlossen werden, (siehe Fig. 12, Taf. LXVI), sondern es ist auch durch geeignete Uferschutzwerke dafür zu sorgen, dass die Wassertiefen in der Nähe des Thurmes sich nicht bei aussergewöhnlichen Fluthen wesentlich vergrössern können. Bei dem Bremer Leuchtthurm in der Unterweser wurde, nachdem das Fundament auf solche Weise bereits in die grösste Gefahr gerathen war, die Sicherung durch den Bau von drei Buhnen vollständig erzielt.[6])

Ist der Bauplatz des Thurmes ungünstig gewählt, oder wird mit den Uferdeckwerken zu spät begonnen, so kann deren Herstellung Kosten verursachen, gegen welche diejenigen des Leuchtthurmes selbst fast verschwinden.

Die Form des Thurmes wird nicht nur durch die Bestimmung der Höhe und der herzustellenden Räumlichkeiten, sondern auch namentlich durch die Forderung hinsichtlich Stabilität gegen Wind- und Wellendruck bedingt. Letzteres umsomehr, je weniger Räume im Innern verlangt werden. Nach Fresnel kann der Winddruck gegen eine normale Fläche beim stärksten Orkan zu 275^k pro $\square^m$ angenommen werden (s. Cap. XIV § 20). Ueber die Grösse des Wellenstosses in der Hochwasserlinie sind die Ausgaben Cap. XIV, § 8, Cap. XV, § 3 und Cap. XVII, § 11 zu vergleichen. Wie derselbe jedoch im Allgemeinen nach Oben und Unten hin abnimmt ist noch ziemlich unbekannt.

Unbedingt zweckmässig ist es den horizontalen Querschnitt der Thürme kreisrund zu construiren, da der Druck des Windes und der Wellen gegen Flächen, die um den

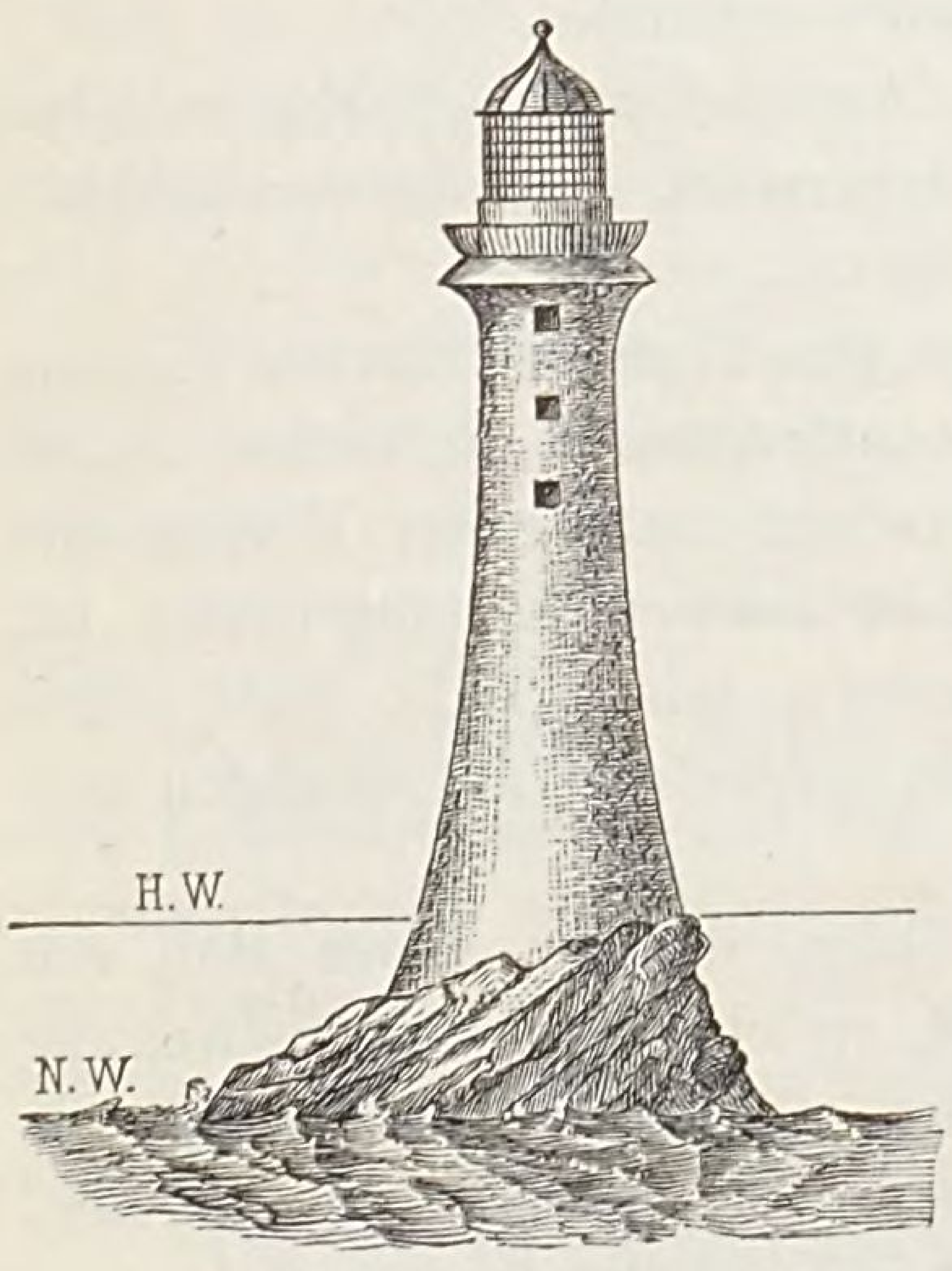
[6]) J. van Ronzelen, Beschreibung des Baues des Bremer Leuchtthurmes. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. Bd. IV.

Winkel α von der Normalen abweichen, sich bekanntlich im Verhältniss von $cos^2 \alpha : 1$ vermindert.

Für den verticalen Querschnitt lässt sich eine allgemein gültige Form nicht angeben. Es ist zwar leicht verständlich, dass der Thurm um so stabiler sein wird, je tiefer sein Schwerpunkt liegt und dass theoretisch demnach der Kegel die beste Form für einen Leuchtthurm darstellen würde. Da aber der Angriff der Wellen auf die höheren Theile des Thurmes erheblich abnimmt, so würde man für die verschiedenen Theile auch verschiedene Kegel construiren müssen, und es würde sich der Thurm aus abgestumpften Kegeln zusammensetzen, deren Durchmesser in den einzelnen Schichten nach oben zu sich verringert. Nimmt man die Abschnitte klein genug, so bilden die Mäntel der Kegel eine Fläche, die als durch Umdrehung einer Curve um die Achse des Thurmes erzeugt angesehen werden kann. Unter bestimmten Voraussetzungen z. B. nach Festsetzung des oberen und unteren Thurmdurchmessers und des Rauminhalts der erforderlichen Gemächer, lässt sich dann, wie dies z. B. von Alan Stevenson beim Bau des Leuchtthurms auf dem Skerryvore geschehen ist, ermitteln, bei welcher Curve das Volumen des Thurms am geringsten ist und gleichzeitig der Schwerpunkt am tiefsten liegt. Stevenson erhielt in dem genannten Falle eine Hyperbel, doch war dies nur die Folge der gemachten Voraussetzungen.

Wenn die Grösse des Wellendrucks in den verschiedenen Schichtenhöhen bekannt ist, so kann die Stabilität des Thurms auf graphischem Wege am besten ermittelt werden. Man wird dann nach Festsetzung der Höhe des Thurmes, sowie des oberen Durchmessers, welcher bei Leucht-Apparaten erster Classe nicht unter 5^m angenommen werden sollte, zunächst die ganze erforderliche Masse des Thurmes ermitteln, welche durch ihr Gewicht verhindert, dass der Thurm auf dem Untergrunde verschoben wird. Dabei ist zu beachten, dass das Gewicht in Folge der Umhüllung durch die Wellen verringert wird. Der Reibungscoefficient von Stein auf geebnetem Felsen wird von Rondelet zu 0,7 angegeben. Wenn die ganze hierfür erforderliche Mauermasse berechnet ist, sind die nöthigen Räumlichkeiten möglichst hoch im Thurm unterzubringen, wobei die Stärken der äusseren Mauern nicht unter 0,6 bis 1^m,0 angenommen werden dürfen, wenn nicht Wind und Wellen durch das Mauerwerk dringen sollen. Nun kann man die Stützlinie in bekannter Weise aus dem horizontal wirkenden Wind- und Wellendruck und den schichtenweise zu ermittelnden Gewichten des Mauerwerks construiren.

Fig. 3.



Es wird sich zwar für die Stützlinie eine ähnliche Curve ergeben, wie sie in den Profilen der drei bekanntesten englischen Leuchtthürme auf dem Edystone (siehe nebenstehende Skizze), dem Bell-Rock und dem Skerryvore genügend bekannt ist, aber es erscheint nicht ohne Weiteres zweckmässig die äussere Form des Thurms der Stützlinie genau nachzubilden, da es nicht allein darauf ankommt, den Thurm im Ganzen stabil zu construiren, sondern auch den Aussenwänden eine solche Form zu geben, dass sie dem directen Angriffe der Wellen am besten widerstehen. Nun ist im Cap. XVII, § 11 hervorgehoben, dass sowohl die vorhandene Wassertiefe

als die Beschaffenheit des Baugrundes auf das Profil des auszuführenden Bauwerks von grösstem Einfluss sind, und das dort für Hafendämme Gesagte hat auch für die Leuchtthürme Gültigkeit. Man wird also in flachem Wasser und auf angeschwemmtem Boden ein Profil wählen, das möglichst allmählig aus dem horizontalen Meeresboden in die verticale Mauer übergeht, siehe Fig. 12, Taf. LXVI, während man in grösserer Wassertiefe und auf felsigem Boden sogleich mit steilen Wänden beginnt.

Die neueren, namentlich die französischen Leuchtthürme, steigen daher ganz oder nahezu lothrecht aus dem Wasser auf, siehe Fig. 8, Taf. LXVI. Es hat dies ausserdem den Vortheil, dass die unteren Schichten des Mauerwerks durch das Gewicht der darüber liegenden besser gehalten werden. In dem oberen Theile des Thurmes kann die Stützlinie unter allen Umständen so nahe der Mittellinie liegen, dass die Herstellung des Mauerprofils nach einer Curve überflüssig erscheint und vielmehr eine gradlinige Dossirung vorzuziehen ist. Wenn der Thurm ausser dem Wärterzimmer keine weiteren Räume erhalten soll, so werden die Aussenwände zweckmässig gegen einen mittleren Kern durch radiale Innenmauern abgesteift. In dem Kern läuft dann die Wendeltreppe hinauf. Die Spindel derselben kann, wenn der Leuchtapparat drehbar ist, zur Aufnahme des die Drehung bewirkenden Gewichtes dienen. So z. B. bei dem für die Insel Borkum bestimmten neuen Leuchtthurme, der auf Taf. LXVI Fig. 1 bis 6 dargestellt ist.

Als Beispiel eines Leuchtthurmes, der zugleich als Wohnung für den Wärter und zur Aufstellung eines Nebelhornes dient, ist in Fig. 7 der von 1869—1873 erbaute Leuchtthurm du Four dargestellt. Derselbe enthält 5 Stockwerke. Im Erdgeschoss befindet sich ein Kohlendepot und ein Oelmagazin, im ersten Stock ein Wasserbehälter für 5 kb^m süsses Wasser zum Speisen von zwei Dampfkesseln und ein zweites Kohlendepot; im zweiten Stockwerk ist eine Küche, im dritten ein Schlafzimmer für 2 Wärter und im vierten ein Nebelhorn mit 2 Kesseln untergebracht. Im fünften Stockwerk liegt das Wärterzimmer.

Als Material steinerner Thürme werden an den deutschen Küsten vorzugsweise Ziegel mit Klinkerverblendung angewandt. Bei Quadern ist die Anordnung eines zweckmässigen Verbandes von besonderer Wichtigkeit. Namentlich war dies der Fall als man die Verwendung des Cementes noch nicht genügend kannte und giebt Fig. 10 auf Taf. LXVI in dem Querschnitt des von Smeaton erbauten Thurmes auf dem Edystone das beste Beispiel eines zweckmässigen Quaderverbandes.

Man giebt den steinernen Leuchtthürmen einen Anstrich mit Oelfarbe, welcher sorgfältig unterhalten werden muss, dann aber das Mauerwerk auch in vorzüglicher Weise gegen Verwitterung schützt.

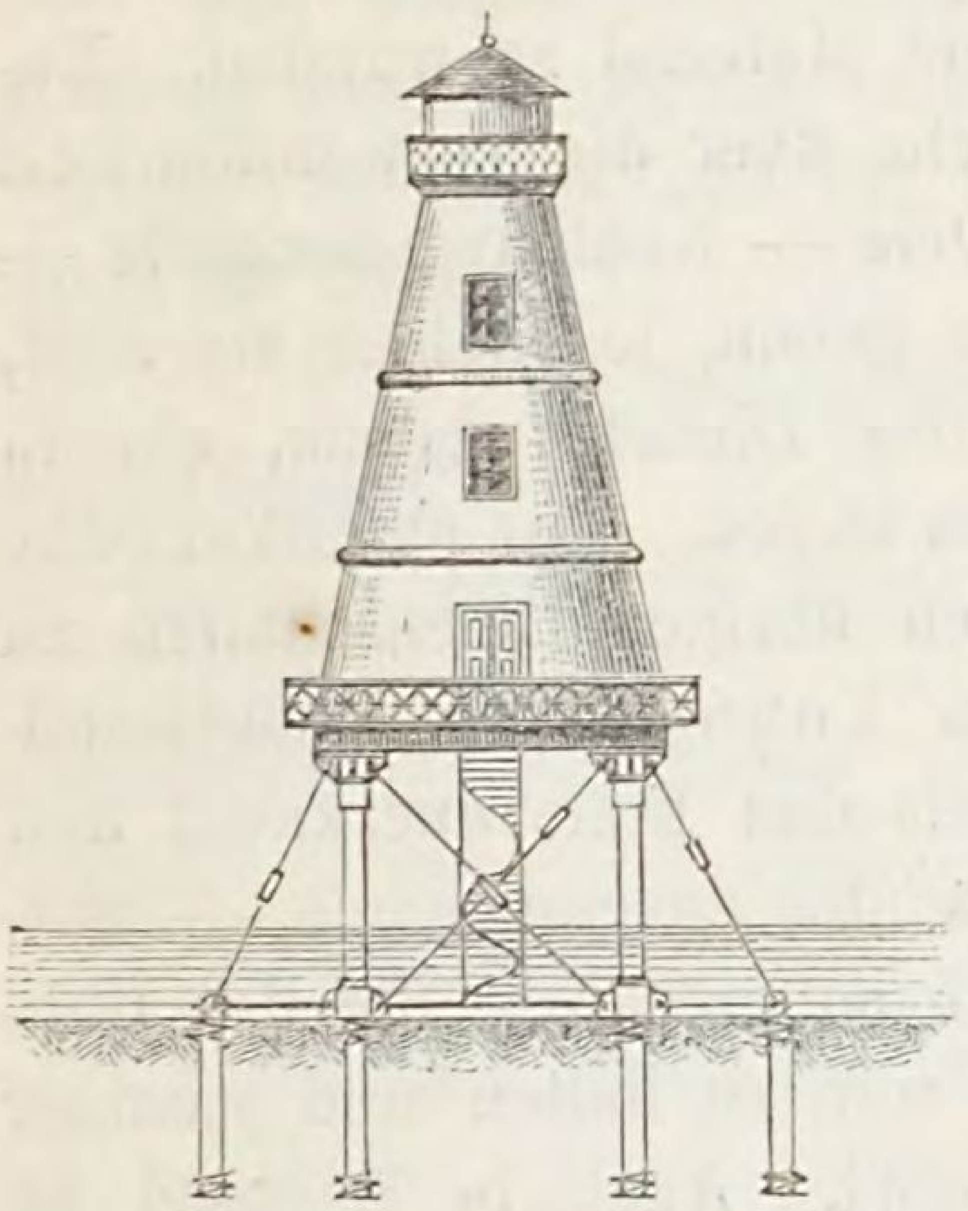
2) Thürme von Eisen. Die Schwierigkeit der Fundirung steinerner Thürme ist es namentlich, welche die Anwendung von Eisenconstructionen in vielen Fällen als vortheilhafter erscheinen lässt. Dies ist besonders auf stets unter Wasser liegenden Sandbänken der Fall, auf welchen ein Steinbau schwer zu unterhalten ist, da bei der Beweglichkeit des Bodens stets zu befürchten sein würde, dass durch den Widerstand, welchen das Bauwerk den Wellen entgegensetzt, Auskolkungen entstehen und eine Unterspülung des Baues eintritt.

Bei eisernen Thürmen ist dies nicht zu befürchten, da der ganze Bau auf wenigen, tief in den Boden geschraubten Pfählen ruht, welche die Wasserbewegung nicht hemmen. Allerdings ist es erforderlich, dass diese Pfähle, wie überhaupt die ganze Construction, ausserordentlich fest und steif in sich ist, dass also alle Knotenpunkte durch horizontalen und verticalen Diagonalverband gehalten werden.

Der über Wasser befindliche Theil des Thurmes besteht entweder aus Säulen, die sich auf die Pfähle setzen, in bestimmten Höhen von etwa 5 bis 6^m horizontal und vertical versteift sind und oben ein eisernes Haus mit darauf befindlicher Laterne tragen, oder aus einer weiteren Röhre von etwa 2^m Durchmesser, welche seitlich durch dünnere Röhren gestützt wird und nur die Laterne trägt, während die übrigen Räume niedrig über Wasser liegen.

Ein Beispiel der ersten Construction ist in dem amerikanischen Leuchtthurm auf „*the Thimble Schoal*" (Fig. 9) gegeben. Zum Einschrauben sämmtlicher Pfähle von einer vorher errichteten Plattform in den feinen harten Sand waren wenige Wochen erforderlich.

Fig. 4.



Aehnlich ist der nebenstehend skizzirte Thurm von Calcasieu construirt. Derselbe hat eine Höhe über Wasser von 20^m und ruht auf nur 4 Pfählen, die 4^m tief eingeschraubt sind. Seitlich sind 4 weitere Pfähle ebenso tief eingeschraubt und zwar so, dass über den Meeresboden nur die Pfahlköpfe vortreten, mit denen dann die ersten tragenden Pfähle durch Spreizen und Anker verbunden sind.

An den Fuss der Pfähle sind zwei Umgänge einer rechtsgängigen Schraubenfläche angegossen. Der Kopf der Mittelpfähle wird dagegen durch eine übergeschobene Haube mit linksgängigem Gewinde gebildet, die wie die Gegenmutter einer Schraube wirkt. Auf dieser Haube ruht ein Gusstück, welches mit den nöthigen Ansätzen zur Befestigung der Spreizen u. s. w. versehen ist, während sich die Säule des Oberbaues direct auf den Pfahlkopf setzt.

Die Gründung auf Schraubenpfählen ist freilich für kleinere leichtere Thürme besonders vortheilhaft, aber auch für hohe Thürme angewendet. So z. B. bei dem fast 50^m hohen Leuchtthurm auf dem Trinity-Sand im Golf von Mexico, der auf 8 Pfählen steht und die Form einer achtseitigen Pyramide besitzt. Er ist der Höhe nach in 7 Stockwerke getheilt. Im dritten ist durch eiserne Wände das Wohnhaus für die Wächter gebildet und von diesem geht in einer etwa 2^m hohen Röhre die Treppe zur Laterne hinauf, in derselben Weise wie bei dem in Fig. 11 dargestellten Thurm auf der spanischen Insel Buda. Letzterer Thurm kann als Beispiel der obengenannten zweiten Constructionsart dienen und zwar als eins der grössten, da das Licht 53^m über dem Hochwasser liegt.

Nach demselben Princip, also aus einer nach den Seiten abgesteiften eisernen Röhre bestehend, ist auch der in Fig. 15 u. 16 gezeichnete kleine Leuchtthurm zu Schillighörn a. d. Jade erbaut, welcher zwei Feuer über einander besitzt.

Eine pneumatische Fundirung sowie Scheibenpfähle mit Druckwasser würden unter Umständen gewiss zu empfehlen sein.

3. Die Laterne. Der zur Aufstellung des Lichtes bestimmte oberste Theil eines Leuchtthurmes heisst die Laterne. Er wird bei allen Thürmen aus einem eisernen Gerippe construirt, welches das eiserne Dach trägt, jedoch Wände aus starkem Fensterglas besitzt, die gegen anfliegende Vögel durch Drahtgitter geschützt werden. Eine dicht unter der Laterne angebrachte Gallerie muss dem Wärter ermöglichen von Aussen überall an die Glasscheiben zu gelangen.

Aus Fig. 10 auf Taf. LXVII ist die Construction der Laterne genau ersichtlich.

§ 6. **Nachtmarken. Das Licht.** 1. Das Brennmaterial. Zur Beleuchtung der Leuchtthürme diente in älterer Zeit wahrscheinlich ausschliesslich ein Holzfeuer. Noch im Jahre 1770 wurden der im § 2 erwähnte Thurm von Cordovan und andere in dieser Weise beleuchtet. Später wurden statt des Holzes Steinkohlen verwendet. Gleichzeitig kam auch die Talgkerze in Gebrauch, und zwar zuerst auf dem 1759 erbauten Thurme auf dem Edystone. 1780 wurden die ersten Lampen mit parabolischen Hohlspiegeln auf dem Thurm von Cordovan aufgestellt und mit Rüböl gespeist. Dieses Oel ist dann fast ein Jahrhundert ausschliesslich in Gebrauch gewesen und wurde erst in den letzten Jahrzehnten durch das Mineralöl verdrängt, seitdem die Bedenken, welche dessen leichte Entzündlichkeit anfangs verursachte, durch grössere Vertrautheit der Wärter mit dem Material schwanden. Namentlich in Frankreich machte man unaufhörlich Versuche über die Verwendbarkeit und die beste Art der Mineralöle. Da diese leichten Oele — Kohlenwasserstoffe — durchschnittlich um so eher zu Explosionen Veranlassung geben, je leichter sie sind, so handelte es sich mit Rücksicht auf die Sicherheit des Dienstes darum, ein in seiner Zusammensetzung constantes, nicht zu leichtes Oel zu finden. Das amerikanische Petroleum wurde, als in dieser Beziehung und in seinen übrigen Eigenschaften zu veränderlich, gänzlich ausgeschlossen, dagegen das von Yonny's Mineralöl-Gesellschaft in Glasgow und Edinburgh gelieferte Paraffinöl als das beste anerkannt und 1873 für alle französischen Leuchtfeuer — die schwimmenden ausgenommen — vorgeschrieben. Die Kosten dieses Oeles sind nur etwa halb so gross wie die des Rüböles, dabei sind die Dochte leichter anzuzünden, besser rein zu halten und weniger dem Verkohlen ausgesetzt, als bei Anwendung von Rüböl. Auch in England ist daher das Yonny'sche Paraffinöl fast ausschliesslich in Gebrauch gekommen, während es allerdings etwa seit dem Jahre 1875 in Frankreich bereits wieder verdrängt wurde, woselbst jetzt alles Mineralöl im eigenen Lande gewonnen wird.[7])

Die Verwendung des Steinkohlengases stösst in den meisten Fällen auf grosse Schwierigkeiten und bewährt sich nur da, wo der Thurm ohne Anstand mit einer vorhandenen Gasleitung in Verbindung gesetzt werden kann. Der Betrieb einer besonderen Gasanstalt lediglich für den Leuchtthurm ist verhältnissmässig zu theuer, eine lange Leitung namentlich vom Lande aus nach frei im Wasser stehenden Thürmen mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft. Durch Sackungen in der Rohrleitung entstehen unvermeidlich Wasseransammlungen, die zu Störungen Veranlassung geben. Da der Meeresgrund aber fast überall seewärts abfällt und zwar oft ganz unregelmässig und wellenförmig, so sind bei solchen Leitungen die Wasseransammlungen an den tiefsten Punkten gar nicht zu beseitigen. Es sind jedoch Fälle vorhanden, in denen das Gaslicht mit gutem Erfolge zur Erleuchtung von Thürmen, Baken und auch Bojen verwendet worden ist und noch wird, so z. B. in Port Glasgow, Sunderland, Bremerhaven u. a. O.

Die mit dem Drummondschen Kalklichte gemachten Versuche haben das gewünschte Resultat nicht gehabt, dagegen unterliegt es wohl keinem Zweifel mehr, dass das electrische Licht, bei welchem bekanntlich Kohle im electrischen Strom verbrannt wird, auch für die Beleuchtung der Küsten von der grössten Bedeutung sein wird. Denn wenn auch eine vollkommene Isolirung der unterseeischen Leitungen und die vollständige Zuverlässigkeit der Apparate noch nicht ganz erreicht sind, so

[7]) Siehe hierüber Ann. des ponts et chaussées 1876. Ueber die Leuchtstärke und Sichtweite der Leuchtthürme von E. Allard.

darf man doch hoffen, dass es demnächst mit Hülfe dieses Lichtes gelingen wird in sehr besuchten Häfen und Strommündungen eine Menge kleinerer Seezeichen, als Baken und Bojen, vom Ufer aus zu erleuchten und auf solchen Wasserstrassen auch bei Nacht eine sichere Schiffahrt zu ermöglichen.

Zur Beleuchtung von Thürmen ist das electrische Licht bereits mehrfach mit Erfolg verwandt, so auf den Thürmen von la Heve seit 1863 resp. 1865, auf dem Thurme von Gris-Nez seit 1868. Auf jedem Thurme sind 2 magnet-electrische Maschinen aufgestellt, deren jede ein Licht von 200 Lichtstärken erzeugt. Zwei 8pferdige Locomobilen sind vorhanden und werden bei Nebel beide Maschinen und beide Locomobilen in Betrieb gesetzt.

Der wesentlichste Vorzug des electrischen Lichtes vor jedem anderen besteht in seiner ausserordentlich grossen Leuchtkraft. Wenn man z. B. zwei Apparate erster Ordnung für Rüböl und für electrisches Licht mit einander vergleicht, so zeigt sich folgendes Resultat:

es besitzt die leuchtende Flamme:	Lichtstärken in Carcel-Lampen. Rüböl.	electr. Licht.
ohne Apparat	23	200
mit einem Apparat für festes Feuer (hinsichtlich der Bezeichnung vergl. § 7)	630	5000
desgleichen für Blinkfeuer	2525	15000
desgleichen für festes Feuer mit Blinken	4000	73500 .

Freilich ist mit dieser grossen Leuchtkraft durchaus keine entsprechende Sichtweite verbunden. Dieselbe ist vielmehr nur wenig grösser als die des Rüböls, namentlich bei Nebel. Indem man z. B. ein electrisches Licht von 3500 Lichtstärken mit einer Oellampe von 360 Lichtstärken vergleicht, zeigte sich, dass bei klarer Luft, bei welcher eine als Maasstab dienende Carcel-Lampe 5^{Km} weit sichtbar war, die Sichtweite der Oellampe $18{,}7^{Km}$, die des electrischen Lichtes $23{,}4^{Km}$ betrug. Bei trübem Wetter war die Carcel-Lampe 1^{Km}, die Oellampe $2{,}08^{Km}$, das electrische Licht $2{,}40^{Km}$ weit sichtbar. Bei ganz trüber Luft war die Carcel-Lampe $0{,}1^{Km}$, die Oellampe $0{,}160^{Km}$, das electrische Licht $0{,}177^{Km}$ weit sichtbar.

Wenn nun auch die Sichtweite des electrischen Lichtes nicht wesentlich grösser ist, als die des Oellichtes, so gestattet doch die grössere Leuchtkraft die Dauer der Blinke zu vergrössern, wodurch der Seemann mehr Zeit gewinnt seinen Curs zu berichtigen. Auch können die Apparate für electrisches Licht wesentlich kleiner werden als beim Oel. Wenn z. B. bei einem Apparat 1. Ordnung für Mineralöl eine Höhe von $2^{m},59$ nur ein Durchmesser von $1^{m},84$ erforderlich ist, reichen hierfür bei electrischem Licht $0^{m},77$ resp. $0^{m},30$ aus.

Was die Betriebskosten betrifft, so stellen sich dieselben nach Reynaud bei den Feuern von la Heve für electrisches Licht von 125 Lichtstärken pro Stunde auf 2 400 Frcs., bei Rüböllicht von 23 Lichtstärken pro Stunde auf 1 752 Frcs. Demnach pro Lichtstärke des electrischen Lichtes auf 0,0192 Frcs. und des Rüböllichtes auf 0,0762 Frcs. — Letzteres würde also 4 Mal theurer sein als ersteres, wenn es nur darauf ankommt, Lichtstärken zu erzeugen. Da aber die Sichtweite eine eben so grosse Bedeutung hat als die absolute Helligkeit des Lichtes, so kann ein solcher Vergleich nicht entscheidend sein.

Es erscheint daher wahrscheinlich, dass die electrische Beleuchtung namentlich an solchen Orten mehr und mehr in Anwendung kommen wird, an denen etwaige Reparaturen an den Maschinen leicht ausgeführt werden können und wo gleichzeitig

durch Maschinen getriebene hörbare Seezeichen (Sirenen, Pfeifen u. s. w.) aufgestellt sind, da die erforderlichen Maschinen dann für beide Arten von Seezeichen gebraucht werden können.[8])

2) Die Lampe. Die Lampe, ob für Rüböl oder Mineralöl bestimmt, ist nach Art der Zimmerlampen mit runden Brennern versehen. Anfangs verwendete man volle cylindrische Dochte; die Luft konnte nur von Aussen hinzutreten, um die Verbrennung zu befördern und es entstand daher Rauch. Argand erfand 1800 die Brenner für dünne hohle Dochte, denen die Luft von Innen und Aussen zugeführt wird. Seine Brenner sind bis auf die jüngste Zeit in Gebrauch gewesen, neuerdings jedoch in Frankreich von Dotz und Lepaute, in England von Douglas verbesserte Brenner eingeführt, durch welche eine bedeutende Vergrösserung der Lichtintensität erzielt worden sein soll.

Die Lampe besitzt, je nach der Leuchtkraft, welche es zu erzeugen gilt, einen bis sechs Dochte. Wenn mehrere Dochte vorhanden sind, so haben sie verschiedene Durchmesser und sind concentrisch angeordnet, so dass jeder kleinere Docht sein Licht durch die sämmtlichen Flammen der grösseren Dochte schickt. Jeder Docht ist jedoch mit selbstständiger Führung versehen.

Die concentrische Anordnung ist durch den optischen Apparat zur Sammlung der Strahlen bedingt; damit dieser nämlich den gewünschten Zweck möglichst erfüllt, d. h. das Licht möglichst in einer bestimmten Richtung sammelt, müsste die Flamme nur ein leuchtender Punkt im Brennpunkte des optischen Apparates sein, darf also jedenfalls keine zu grosse Dimensionen besitzen, wenn nicht ein Theil des Lichtes sich zerstreuen soll. In den meisten Fällen wird allerdings eine gewisse Zerstreuung des Lichtes gewünscht, damit die Fläche, welche beleuchtet werden, von der aus das Feuer somit sichtbar werden soll, nicht zu klein werde, vielmehr in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Durchmesser des optischen Apparates stehe, wie dies aus der Tabelle auf Seite 1121 ersichtlich ist. Namentlich ist eine grössere Divergenz der Strahlen bei den Blinkfeuern erwünscht, bei denen die Dauer der Sichtbarkeit eines Blinkes von der Divergenz direct abhängt.

Die Oelzuführung geschieht bei den grösseren Lampen auf künstlichem Wege nach Art der von Carcel 1800 erfundenen Uhrlampen, bei welcher dem Docht das Oel mittelst eines Pumpwerks zugeführt wird, das durch ein vollständig von dem Oel eingeschlossenes Uhrwerk betrieben wird. Man erreicht hierdurch nicht nur eine grosse Stätigkeit der Flamme, sondern auch die Zuführung eines Oelquantums, welches erheblich grösser ist, als das des wirklich verbrannten Oels. Dieses ist von der grössten Wichtigkeit, da man

1. bei ein und derselben Lampe durch grössere Oelzuführung die erzeugte Lichtmenge bis zu einer gewissen Grenze beliebig vergrössern kann,
2. durch Zuführung von überflüssigem Oel eine Erwärmung des ganzen im Oelbehälter befindlichen Oels erreicht und dies im Winter vor dem Dickwerden schützt, und
3. die Lampendochte vor zu rascher Verkohlung bewahrt und hierdurch ein Abnehmen der Lichtstärke mit zunehmender Brennzeit im Laufe einer und derselben Nacht erheblich verhindert.

[8]) Ann. des pont et chaussées 1876. Die electrische Beleuchtung von M. Malézieux, Engineering 1878, 1. Febr.

Man führt also in der Regel den Dochten das Vierfache des wirklich zu verbrennenden Oelquantums zu, und lässt davon die drei nicht verbrannten Theile in den Oelbehälter zurückfliessen. Dieser befindet sich dicht unterhalb des Brenners. Ausser diesen mechanischen sogen. Uhrlampen sind für kleinere Apparate noch die gewöhnlichen hydrostatischen Lampen in Gebrauch, bei welchen das Oel in einem etwas über dem Niveau der Brenner innerhalb oder ausserhalb des optischen Apparates angebrachten Gefässe enthalten ist (Fig. 8, Taf. LXVII). Aus diesem Behälter fliesst es durch ein bei Tage verschlossenes Zuleitungsrohr bis in einem dicht unter dem Niveau des Brenners angebrachten offenen Trichter, aus welchem der Docht das erforderliche Oel auffängt, während das überflüssige durch ein Ueberlaufrohr in ein Gefäss nach unten abläuft. Der obere Oelbehälter muss stets so gross sein, dass er für die längste Nacht ausreicht. Das aus ihm überlaufende Oel wird in dem Gefäss *d* aufgefangen.

Diese hydrostatischen Lampen sind jedoch wegen der in und über der Höhe des Brenners und der Flamme befindlichen Constructionstheile in solchen Fällen nicht anwendbar, wo man das Licht einer einzigen Flamme über den ganzen Horizont auszubreiten oder in eine grössere Anzahl von regelmässig vertheilten Lichtbündeln zu verdichten hat.

Bei beiden Lampenarten ist es von grosser Bedeutung, dass der sogen. Lampencylinder, der natürlich in seinem unteren Theile aus Glas besteht, neben der Flamme keine plötzliche Profil-Verengung hat. Denn mit dieser ist immer ein Wechsel in den Wandstärken des Cylinders verbunden, woraus durch Brechung und Spiegelung so unregelmässige Ablenkungen entstehen, dass die von aussen durch den Cylinder betrachtete Flamme gerade an den Stellen, an welchen sie am meisten Licht geben sollte, dunkle horizontale Linien zeigt, welche die beabsichtigte Wirkung im hohen Grade beeinträchtigen. Die Verengung des Cylinders muss daher ganz allmählich stattfinden.

Ueber die Durchmesser der Dochte, die Stärke des Lichtes und den Oelverbrauch enthält die nachstehende Tabelle verschiedene Werthe, die sich auf die in Frankreich neu eingeführten Apparate für Mineralöl beziehen:

Lauf. No.	Innerer Durchmesser des optischen Apparates m	Zahl der Dochte.	Mittlerer Durchmesser des äusseren Dochtes mm	Durchmesser des Brenners mm	Intensität der Flamme ohne optischen Apparat	Intensität mit Apparat für festes Feuer	Oel-Verbrauch pro Stunde in Grammen.	Oel-Verbrauch pro Jahr in Kilogramm.
					Lichtstärken.			
1	1,84	5	105	110	30	820	900	3600
2	1,40	4	85	90	23	510	630	2520
3	1,00	3	65	70	14	250	360	1440
4	0,50	2	45	50	6,4	64	160	640
5	0,375	1	25	30	2,2	18	55	220

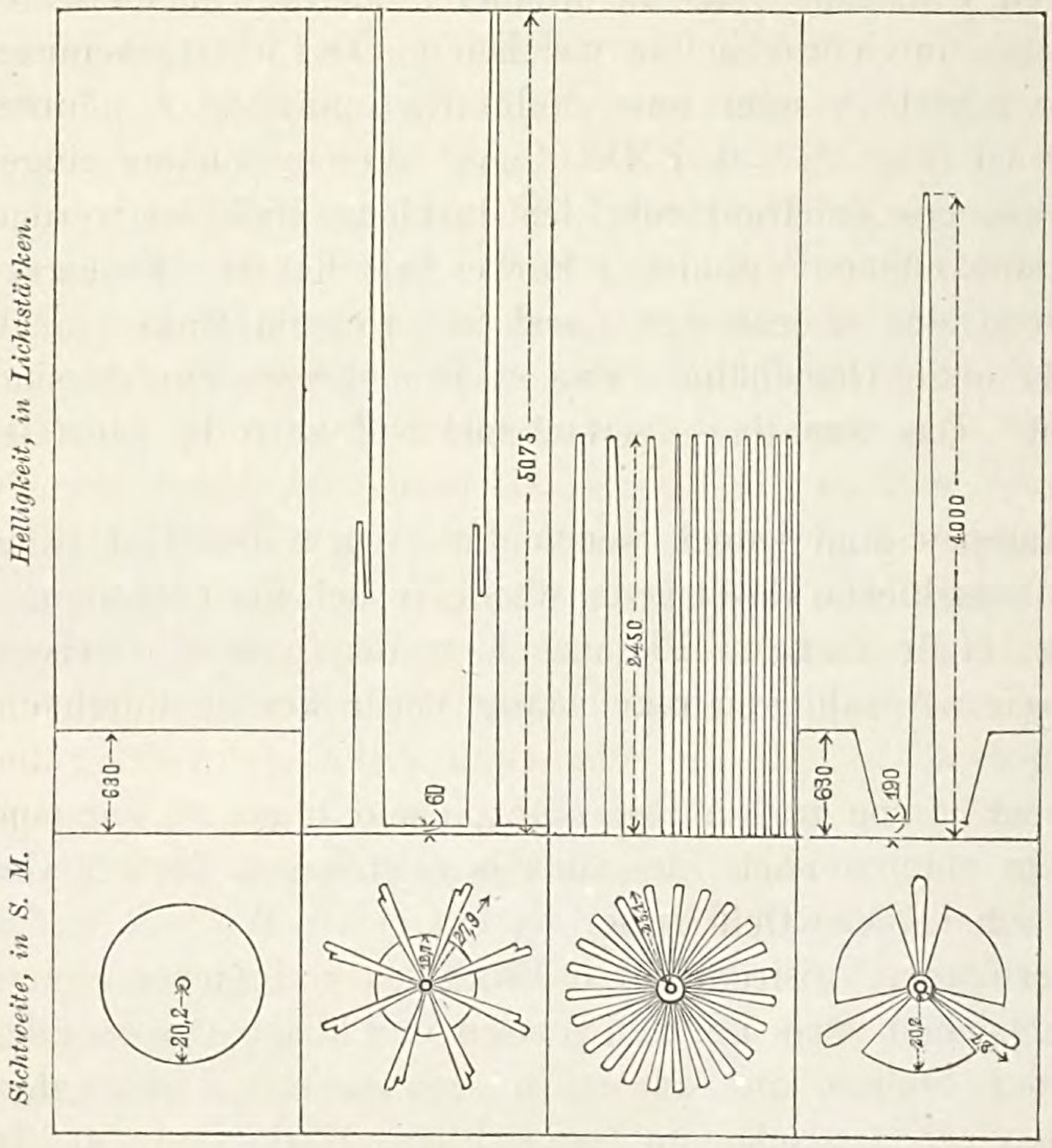
Es wird unter einer Lichtstärke oder Lichteinheit stets das Licht einer eindochtigen Carcel-Lampe mit einem Dochtdurchmesser von 20^{mm} verstanden, welche in der Stunde 40^{g} Rüböl verbrennt.

§ 7. Nachtmarken. Benennung der Leuchtfeuer. Die Benennung der Leuchtfeuer ist eine verschiedene:

1. nach der äusseren Erscheinung des Lichtes,
2. nach der Ausdehnung des zu beleuchtenden Objectes,
3. nach der Stärke des erzeugten Lichtes.

1) Die äussere Erscheinung namentlich hat zu einer grossen Zahl von Benennungen geführt, die in den verschiedenen Ländern jetzt ziemlich allgemein übereinstimmen.

Fig. 5.



Festes Feuer. *Drehfeuer.* *Blinkfeuer.* *F. F. mit Blinken.*

In der Kaiserlichen Marine Deutschlands werden die folgenden Arten unterschieden, siehe nebenstehende Fig. 5:

1. Das feste Feuer *(Fixed light; Feu fixe)*, dasselbe scheint ununterbrochen mit gleichbleibender Lichtstärke, weiss oder farbig;
2. Festes Feuer mit Blinken *(Fixed and flashing light; Feu fixe à éclats)*. Ein festes Feuer, welches ausserdem in regelmässigen Zwischenräumen helle, weisse oder rothe Blinke zeigt und kurz vor oder nach diesen Blinken momentan verschwindet;
3. Wechselfeuer *(Alternating light; Feu alternatif)* erscheint abwechselnd roth und weiss ohne Verdunkelungen;
4. Drehfeuer *(Revolving light; Feu tournant)* allmählich zur grössten Lichtstärke zunehmend und ebenso allmählich bis zur Verdunkelung wieder abnehmend. Die Verdunkelungen treten in gleichen Zwischenräumen von 1 bis 2 oder 3 Minuten, selten jede halbe oder drittel Minute ein;
5. Blinkfeuer *(Flashing light; Feu à éclats)* zeigt 1 bis 15 Blinke in der Minute;
6. Funkelfeuer *(Feu scintillant)*, ein Blinkfeuer von mehr als 15 Blinken in der Minute;
7. Unterbrochenes Feuer *(Intermittent light)* erscheint plötzlich, bleibt eine Zeit lang sichtbar und verschwindet dann ebenso plötzlich auf kürzere Dauer.

Im Wesentlichen von einander verschieden sind aber nur das feste und das Drehfeuer, aus ihnen lassen sich die übrigen leicht herstellen, wie dies bei Beschreibung der optischen Apparate im § 8 näher erläutert werden wird.

Es ist einleuchtend, dass eine möglichst grosse Verschiedenartigkeit in der Erscheinung der Leuchtfeuer von höchster Bedeutung ist, da es dem Seemann nur hierdurch möglich wird, mit Sicherheit den Ort, an welchem er sich befindet, zu erkennen. Die Nothwendigkeit einer solchen Verschiedenartigkeit wird mit jedem neu erbauten Leuchtthurm grösser und man ist bestrebt jedes Feuer durch eine besonders charakteristische Erscheinung auf den ersten Blick kenntlich zu machen. Es ist sogar mehrfach vorgeschlagen, eine internationale Lichtsprache zu schaffen, — etwa

ähnlich der Zeichenschrift des Morse'schen Telegraphen, — durch welche dem Schiffer nicht nur der Namen resp. die Nummer des Thurmes, sondern auch besonders wichtige Angaben über Wassertiefe, Vorhandensein von Klippen u. s. w. mitgetheilt würden. Es würde dieses Ziel leichter zu erreichen sein, wenn man nicht gezwungen wäre, die Charaktere fast ausschliesslich durch Wechsel in der Dauer der Lichterscheinung zu schaffen, sondern dabei auch viele verschiedene Lichtfarben anwenden könnte. Aber man vermeidet farbige Feuer möglichst, weil bei ihnen durch besonders eingeschaltete farbige Glasscheiben ein grosser Theil der Lichtstrahlen vernichtet werden muss, um Strahlen von der gewünschten bestimmten Farbe zu erhalten. Es eignet sich hierzu von farbigen Gläsern fast nur das rothe und in geringem Maasse auch das grüne Glas, letzteres ausschliesslich für kleinere Feuer. Die übrigen Farben sind entweder nicht erkennbar genug oder absorbiren zu viel Licht. Das rothe Licht ist namentlich auch deshalb geeignet, weil es die Eigenschaft besitzt im Nebel intensiv zu leuchten und zwar verhältnissmässig hier sogar stärker, als das weisse Licht, das durch den Nebel geröthet und stark absorbirt wird, während bei klarer Luft das rothe Feuer etwa das doppelte bis dreifache Lichtquantum erfordert, als ein weisses Feuer von gleicher Sichtweite. Grüne und namentlich blaue Gläser werden durch die gelbe Oelflamme weit mehr neutralisirt, als die dem Gelb mehr verwandte rothe Färbung, da Gelb die Complementärfarbe zu Blau ist. Grüne und blaue Gläser sind daher auch bei Anwendung der rein weissen Flamme des electrischen Lichtes verhältnissmässig weit wirksamer als bei der Oelflamme.

Ein sehr theures Mittel zur Charakterisirung ist es, statt eines einfachen Feuers ein Doppelfeuer herzustellen. Am besten ist es in solchem Falle, wenn möglich zwei Thürme zu errichten und in diesem die Lichter in gleichen Höhen über dem Meeresspiegel aufzustellen, weil dann der Nebel auf beide gleichmässig einwirkt. In den meisten Fällen ist dies jedoch zu theuer und man stellt die Lichter in demselben Thurme übereinander auf. Es ist in allen Fällen erforderlich die Lichter entweder in horizontaler oder in verticaler Richtung soweit von einander zu entfernen, dass sie nicht in Folge der Ausstrahlung in einander überzugehen scheinen, was besonders bei trübem Wetter eintritt. Nach Reynaud soll der Winkel, dessen Scheitel das Auge des Beobachters, dessen Schenkel die Strahlen der beiden Lichter bilden, mindestens 8 bis 15 Minuten betragen. Alan Stevenson hält dagegen auch $3^1/_3$ Minuten noch für zulässig.

2) Benennung der Feuer nach ihrem Zwecke. Gürtelfeuer. Leitfeuer. Eine sehr wesentliche Unterscheidung der Leuchtfeuer ist zweitens die nach dem Umfange der Beleuchtung. Das auf einem Thurme entzündete frei brennende Feuer leuchtet gleichmässig nach allen Richtungen. Nutzlos entweichen alle Strahlen, welche oberhalb der Augenebene des Seemanns sich befinden. Im äussersten Falle kann es darauf ankommen die Meeresfläche zwischen dem Thurme und dem Horizont ringsum zu erleuchten, in der Regel darf aber die nächste Umgebung des Thurmes dunkel bleiben, da das Schiff fast immer in weiter Entfernung von der durch das Licht bezeichneten Küste oder Untiefe bleiben muss. Daher ist als erste Art der Feuer das Gürtelfeuer zu bezeichnen, bei welcher es sich also darum handelt ringsum einen Gürtel der Meeresfläche bis zum Horizont zu erleuchten, und hierzu auch das andernfalls nach Oben und Unten nutzlos entweichende Licht mit zu verwenden.

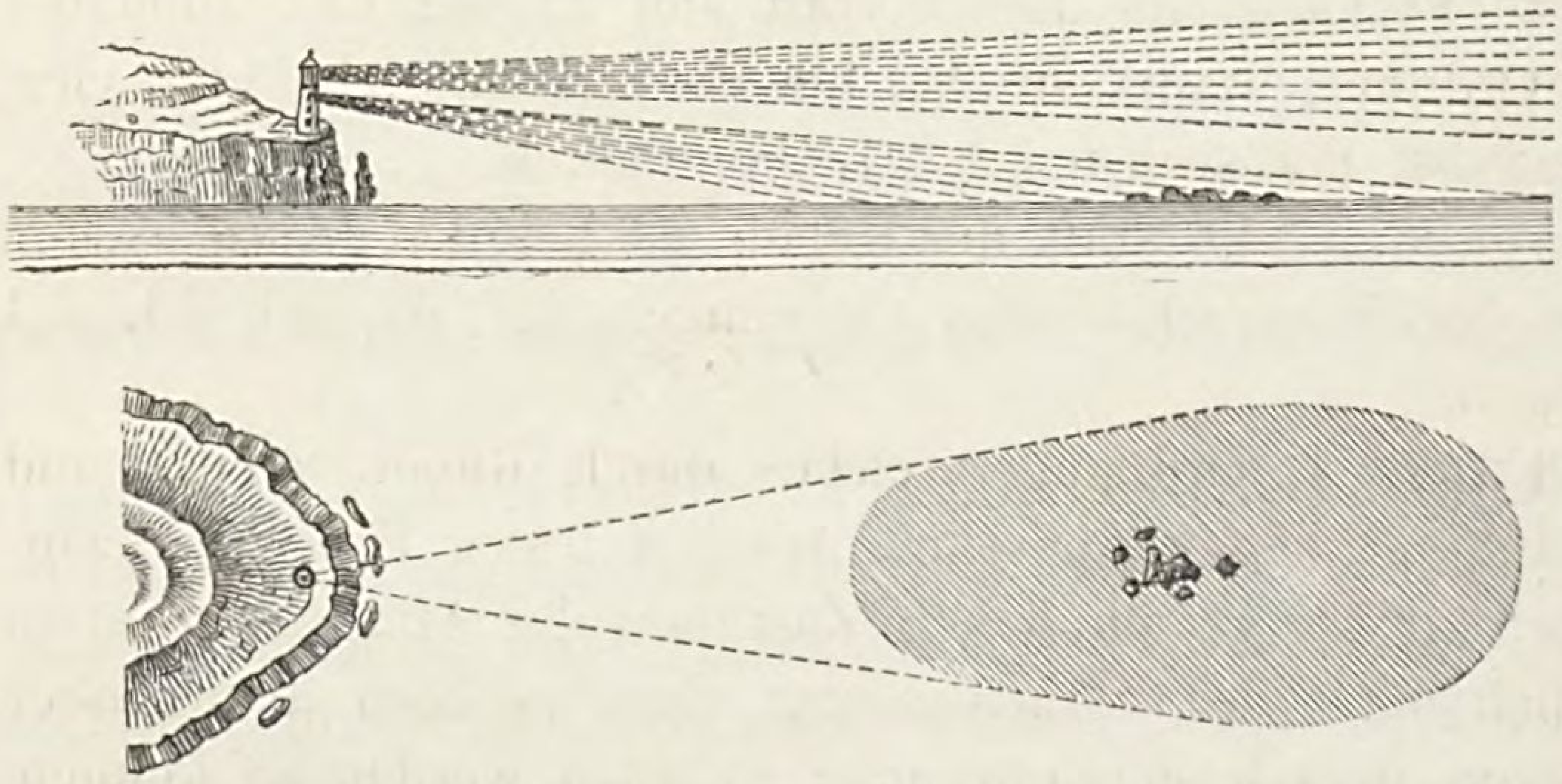
In vielen Fällen wird jedoch lediglich verlangt, dass ein bestimmter Punkt oder ein ganz geringer Theil jenes Gürtels möglichst hell erleuchtet wird. Es gilt

also vermittelst eines geeigneten Apparates alles Licht zu sammeln und auf den fraglichen Punkt zu dirigiren. Die hierzu dienenden Feuer heissen Directionsfeuer, Richt- oder Leitfeuer. Wenn statt des Punktes eine gerade Linie bezeichnet werden soll, also z. B. die Einfahrtslinie eines Hafens, so werden zwei Leitfeuer hinter einander angebracht. Dieselben werden am besten so aufgestellt, dass das hintere Licht immer etwas höher erscheint als das vordere. Wenn dies nicht zu erreichen ist, weil die Thurmhöhe des hinteren Lichtes zu gross werden würde, so müssen beide Lichter so verschieden charakterisirt werden, dass man sofort erkennt, welches von ihnen das vordere und welches das hintere Licht ist. Es ist klar, dass die Linie um so schärfer bezeichnet wird, je weiter die beiden Lichter in horizontaler Richtung von einander entfernt sind. Alan Stevenson giebt an, dass man diese Entfernung niemals kleiner nehmen soll, als ein Sechstel der Sichtweite des vorderen Thurmes. In verticaler Richtung darf die Entfernung der Lichter nie zu gross sein, da es andernfalls zu schwer wird zu beurtheilen, ob sie genau übereinander liegen.

Diese beiden Hauptarten von Feuern, das Gürtelfeuer und das Richtfeuer, kommen nun in einer grossen Anzahl von Modificationen vor, da z. B. bei den Küstenfeuern selten der ganze Gürtel von 360° beleuchtet wird, sondern meistens nur die grössere Hälfte (siehe Fig. 11, Taf. LXV). In anderen Fällen verlangt man, dass die Strahlen anstatt auf eine einzelne Stelle des Horizonts auf mehrere, vielleicht 6 oder 8 Punkte geworfen werden, doch wird hierdurch die Art des Feuers nicht verändert und die Construction des optischen Apparates nicht wesentlich beeinflusst.

Als eine besondere Art des Directionsfeuers ist auch das tauchende Feuer anzusehen. Es dient dazu, besondere Stellen der Meeresfläche zu erleuchten, z. B. Riffe und Klippen, auf welchen sich Leuchtfeuer nicht errichten lassen. Seine Eigenthümlichkeit besteht darin, dass die Achse des optischen Apparates nicht vertical steht, sondern gegen den Horizont geneigt ist, so dass die Strahlen nicht horizontal, sondern abwärts auf die See gelenkt werden. Wenn sich demnach ein Schiff der fraglichen Untiefe nähert, so tritt es ganz plötzlich in den tauchenden Strahlenkegel und wird hierdurch auf die Gefahr aufmerksam gemacht.

Fig. 6.



Nebenstehende Fig. 6 zeigt im Aufriss und Grundriss die Erscheinung eines tauchenden Feuers, das hier mit einem Horizontfeuer auf demselben Thurme aufgestellt ist.

Th. Stevenson giebt an, wie sich das tauchende Feuer noch wesentlich vervollkommnen lässt, indem man es nämlich so einrichtet, dass es sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit vertical auf und ab bewegt. Es würde dann die Zeitdauer der Sichtbarkeit des Lichtes von der Entfernung desselben vom Beobachter abhängen und könnte z. B. so construirt werden, dass jede Zeitsecunde, während der das Licht sichtbar ist, einer bestimmten Entfernung vom Ufer entspräche.

Bislang sind die tauchenden Feuer nur ganz vereinzelt zur Anwendung gekommen.

Schliesslich bleibt zu erwähnen, dass es in einzelnen Fällen dringend wünschens-

werth sein kann, bestimmte Punkte des Fahrwassers, niedrig liegende Molenköpfe, zeitweise überfluthete Felsen u. s. w. weithin kenntlich zu machen, zu welchem Zwecke man ein tauchendes Feuer nicht benutzen kann. Wenn dann auch die Errichtung einer Bake oder eines Thurmes auf dieser Stelle möglich ist, so kann doch die Unterhaltung eines Feuers bei aussergewöhnlichen Fluthen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft sein, und da es unter allen Umständen besser ist gar kein Licht zu haben, als ein solches, das dem Verlöschen ausgesetzt ist, so kann es vorkommen, dass man mit den bisher genannten Feuern nicht im Stande ist, derartige Punkte nach Erforderniss zu beleuchten.

Für diesen Zweck sind daher von Th. Stevenson Feuer angewandt, welche er treffend scheinbare Feuer nennt, da das von ihnen ausgehende Licht nicht ein directes, selbst erzeugtes, sondern ein vom Ufer nach einem auf dem betreffenden Punkte aufgestellten Spiegel geworfenes und von diesem in der gewünschten Richtung reflectirtes ist. Ein solches scheinbares Feuer kann als festes, rotirendes oder unterbrochenes u. s. w. Feuer erscheinen, je nachdem das wirkliche Feuer am Ufer beschaffen ist.

Diese Art des Feuers hat sich in verschiedenen Fällen bereits sehr gut bewährt, jedoch ebenfalls noch wenig Verwendung gefunden. Der zugehörige Apparat ist in § 8 näher beschrieben.

3) Benennung der Feuer nach der Lichtstärke. Die Leuchtfeuer werden nach der Lichtstärke in verschiedene Ordnungen getheilt, in England beispielsweise in 6, in Frankreich neuerdings in 5 Ordnungen.

Die Feuer 1. und 2. Ordnung dienen für Hauptmarken, die übrigen für Nebenmarken. Die 5. und 6. Ordnung, auch Hafenfeuer genannt, insbesondere zur Bezeichnung der Hafeneinfahrten, deren Molenköpfe ausserdem durch rothes und grünes Licht kenntlich gemacht werden müssen.

Bei den Leuchtfeuern 1. Ordnung hat die aus Rüböl erzeugte übrigens nicht durch den Apparat concentrirte Flamme eine Leuchtkraft von 23 sog. Lichteinheiten (vergl. S. 1121). Bei der 2. Ordnung besitzt sie 15, bei der dritten 5, bei der vierten 3, bei der fünften 1,6 und bei der sechsten 1,3 Lichteinheiten.

Durch den Gebrauch von Mineralöl statt des Rüböls ist bei den französischen Leuchtfeuern die Lichtstärke der 5 verschiedenen Ordnungen auf 30, 23, 14, 6,4 und 2,2 Lichteinheiten gestiegen.

Die Sichtweite eines Feuers 1. Ordnung, welches durch Rüböl erzeugt und durch den in § 8 näher zu besprechenden optischen Apparat fester Feuer gesammelt und verstärkt ist, beträgt bei gewöhnlichem Zustande der Atmosphäre etwa 21 Seemeilen, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass es hoch genug über dem Horizont aufgestellt ist, um in solcher Entfernung gesehen werden zu können. Desgleichen beträgt die Sichtweite bei festen Feuern

2.	3.	4.	5.	6. Ordnung
18	14	10	8	6 Seemeilen.

Diese Zahlen sind jedoch nur annähernd richtig, da namentlich die kleineren Apparate mannigfache Verschiedenheiten besitzen. Bei Anwendung von Mineralöl vergrössern sich die Werthe um etwa 25 Procent.

Bei Drehfeuern, bei denen die Zeit ihrer Sichtbarkeit auf Augenblicke verringert wird, lässt sich eine grössere Sichtweite erzielen, die bei Feuern 1. Ordnung im günstigsten Falle etwa 28 Meilen beträgt. In Fig. 5, S. 1122 sind die 4 wich-

tigsten Feuer in ihrer Erscheinung dargestellt. Sichtweite und Lichtstärke beziehen sich auf Apparate der grössten Art.

Das feste Feuer hat eine Sichtweite von 20,2 Seemeilen und eine gleichmässige Helligkeit von 630 Lichtstärken. — Das Drehfeuer hat im Allgemeinen eine Sichtweite von nur 12,7 Meilen bei 60 Lichtstärken, nach je einer Minute zeigt es jedoch 5075 Lichtstärken bei 27,9 Seemeilen Sichtweite. — Das Blinkfeuer giebt bei 2450 Lichtstärken in je 20 resp. nur 4 Secunden einen Lichtblitz von 25,1 Meilen Sichtweite, ist in der Zwischenzeit jedoch nicht sichtbar. — Das feste Feuer mit Blinken zeigt während der längsten Zeit ein Licht von 630 Lichtstärken und 20,2 Meilen Sichtweite. In bestimmten Zwischenräumen erfolgt ein Blitz von 4000 Lichtstärken und 27 Meilen Sichtweite. Vorher und nachher tritt eine kurze Verdunkelung ein, indem die Helligkeit auf 190 Lichtstärken, die Sichtweite auf 10,2 Meilen abnimmt. —

§ 8. Nachtmarken. Der optische Apparat. Der Zweck aller optischen Apparate ist der, die von der Lampe nach allen Richtungen gleichmässig ausgehenden Strahlen mit möglichst geringem Verlust durch Absorption oder unregelmässige Zerstreuung in einzelnen Strahlenbündeln zu sammeln, sie auf die zu erleuchtenden Flächen zu leiten und dabei dem Lichte die gewünschte charakteristische äussere Erscheinung zu geben. Um dies zu erreichen ist es nöthig, die Strahlen entweder zu brechen oder sie durch Spiegelung zurück zu werfen.

Man unterscheidet daher auch drei verschiedene Beleuchtungsarten, nämlich:

1. Die katoptrische Beleuchtung, bei welcher das Licht mit Hülfe von Metallspiegeln oder mit Metall überzogenen Glasspiegeln reflectirt wird;
2. die dioptrische Beleuchtung, bei der die Strahlen durch Glaslinsen und Prismen nur gebrochen werden;
3. die katadioptrische Beleuchtung, bei welcher das Licht durch Glasprismen so geleitet wird, dass die auffallenden Strahlen zunächst gebrochen und dann reflectirt werden.

Die drei Beleuchtungsarten kommen selten für sich allein, meistens zu zweien vereint vor.

Th. Stevenson versteht allerdings in seinem Werke „*Lighthouse Illumination*“ unter katoptrischen Apparaten alle solche, in denen die Spiegelung nur durch metallische Flächen erzeugt wird. Dioptrisch nennt er die Apparate, welche nur aus Glas bestehen und durch Brechung oder durch totale Reflection wirken. Mit katadioptrisch endlich bezeichnet er jede Combination von metallenen und gläsernen optischen Mitteln. Diese Art der Bezeichnung ist jedoch eine ungenaue und nicht zu empfehlende.

Das katoptrische Beleuchtungssystem beruht auf dem bekannten optischen Satze, dass Strahlen, die auf spiegelnde Flächen fallen, unter einem Winkel zurückgeworfen werden, welcher dem Einfallswinkel gleich ist, und zwar liegt der reflectirte Strahl in einer Ebene, welche durch die in dem Einfallspunkte errichtete Normale und durch den Einfallsstrahl selbst geht. Je nachdem also die spiegelnden Flächen kugelförmig, parabolisch u. s. w. geformt sind, werden die Strahlen in ganz bestimmter Weise gesammelt und geleitet werden. Die um ihre Achse gedrehte Parabel giebt also z. B. eine Fläche, welche alle aus dem Brennpunkte auf sie fallenden Strahlen parallel mit der Richtung der Achse zurückwirft. In Wirklichkeit werden die äusseren Strahlen allerdings etwas divergiren, und das nachstehende Strahlenbündel nicht genau cylindrisch, sondern schwach conisch geformt sein, weil das Licht nicht von einem einzigen Punkte, sondern von der ganzen Oberfläche der Flamme ausgeht und die Spiegel nicht mathematisch genau gearbeitet sind. Doch beträgt diese Divergenz nur etwa 4 bis 6° und es liegt auf der Hand, dass man in derartigen Spiegeln ein vorzügliches Mittel hat das Licht der Flamme zu sammeln und auf einen einzelnen Punkt des Horizonts zu werfen. Die grösste durch solchen Spiegel zu erreichende Lichtstärke wird von Alan Stevenson auf das 350 bis 450fache der Leuchtkraft der frei im Raume brennenden Flamme angegeben. Allerdings ist der Uebelstand

vorhanden, dass ein grosser Theil und zwar nahezu die vordere Hälfte des Lichtes direct in den freien Raum gelangt, ohne von dem Spiegel gesammelt und geleitet zu werden und besteht hierin ein grosser Nachtheil der rein katoptrischen Apparate.

Der Erfinder parabolischer Spiegel ist nicht bekannt, doch wurden dieselben gegen Ende des vorigen Jahrhunderts sowohl in England wie auch in Frankreich in Gebrauch genommen. In England waren es grosse hölzerne parabolische Reflectoren mit eingesetztem Spiegelglas, in Frankreich — zuerst durch Borda — solche aus plattirtem Kupferblech. Bei derartigen Metallspiegeln werden die Bleche mit Schlägeln und Hämmern von verschiedener Form und aus verschiedenem Material allmählich in die parabolische Form gebracht und die innere Fläche sorgfältig polirt.

Versilbertes Kupfer ist auch jetzt noch das geeignetste Material für Metallspiegel, da bislang keine Legirung erfunden ist, welche eine bessere Politur als das Silber annimmt. Von Th. Stevenson wird jedoch empfohlen wieder auf die ältere Form der Spiegel aus Facetten von gewöhnlichem versilberten Glas zurückzugehen, da bei Glas ein wesentlich geringerer Verlust an Licht eintritt, als bei Metall. Dieser Verlust ist bei Metallspiegeln durch Unvollkommenheiten in der Form der Spiegel und theilweise auch durch wirkliche Absorption von Strahlen, die mit mangelhafter Politur zunimmt, veranlasst. Wenn nämlich Lichtstrahlen auf einen Metallspiegel fallen, so dringt ein gewisser Theil in das nicht ganz undurchsichtige Metall hinein, wie man aus dem durch Blattgold durchgelassenen grünen Lichte folgern kann. Diese eingedrungenen Strahlen sind aber für den Beleuchtungszweck vollständig verloren.

Bei Glas tritt ein Verlust an Licht einmal an jeder brechenden Fläche und sodann ebenfalls durch Absorption ein. Letzteres ändert sich mit der Dicke und Farbe des Glases, ist jedoch stets geringer als bei Metall. Wenn aber, wie dies bei der katadioptrischen Beleuchtung der Fall ist, das Licht durch Glasprismen gebrochen und reflectirt wird und die Reflection so stattfindet, dass die Strahlen auf die inneren Flächen unter einem Winkel auffallen, der grösser ist als der sog. kritische Winkel, so wird die Brechung unmöglich und, theoretisch wenigstens, dürfte dabei nicht ein einziger Lichtstrahl verloren gehen. Die Reflection heisst daher eine totale; der Grenzwerth des Winkels, bei welchem sie stattfindet, hängt von dem Brechungs-Coefficienten der angewendeten Glassorte ab. — Aus den eingehenden Versuchen von Potter hat sich ergeben, dass durch Reflection bei ausserordentlich fein polirten Metallspiegeln 0,31 bis 0,35 des Lichts verloren ging, bei Glasprismen nur etwa 0,23.

Durch Anwendung des Glases tritt also ein reiner Gewinn von einem Zehntel des Lichtes ein. Nun ist aber zu beachten, dass eine so feine Politur bei Metallspiegeln wegen des unvermeidlichen Einflusses der Atmosphäre auf das Metall für längere Zeit gar nicht zu erhalten ist, und dass man zufrieden sein muss, wenn die Form des Spiegels nicht durch ungeschickte Behandlung des Wärters leidet. Th. Stevenson kommt daher zu dem Resultat, dass Glasspiegel beinahe ein Viertel mehr Licht liefern als Metallspiegel, und da die ersteren schliesslich auch durch Anwendung von Maschinen weit genauer zu construiren sind, als die mit der Hand gearbeiteten Metallspiegel, so spricht alles für die Anwendung des Glases und damit für den Uebergang vom katoptrischen zum katadioptrischen Beleuchtungssystem. Es sind daher Apparate mit ausschliesslich katoptrischer Beleuchtung ganz ausser Gebrauch gekommen.

Die dioptrische Beleuchtung.

Ein Lichtstrahl, der aus einem Medium in ein zweites, anders beschaffenes übergeht, wird, wenn er in schiefer Richtung auf die Oberfläche des zweiten Mediums trifft, von seinem bisherigen Wege abgelenkt. Das Maass der Ablenkung oder des Brechungs-Verhältnisses hängt von der Beschaffenheit beider Stoffe ab und ist für dieselben Stoffe ein constantes. Es wird durch das Verhältniss des Sinus des Einfallswinkels α zum Sinus des Brechungswinkels β bezeichnet.

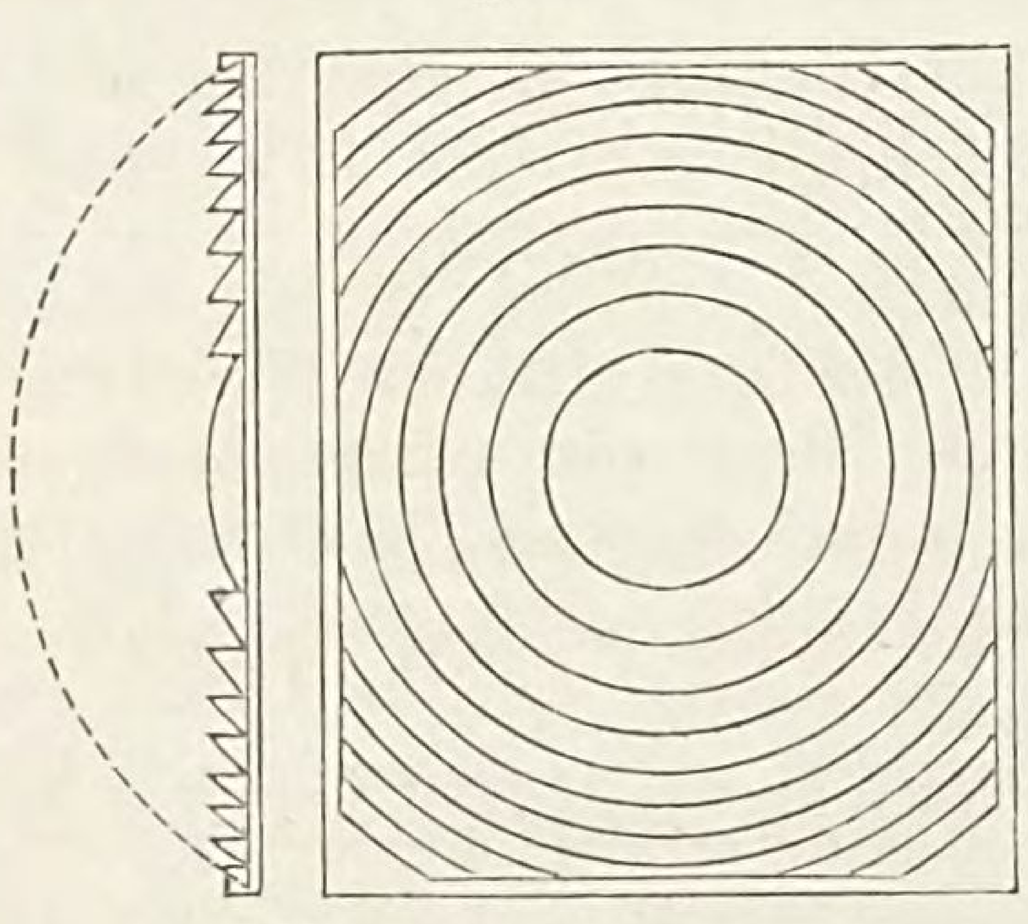
Geht der Lichtstrahl aus einem dünneren in ein dichteres Medium über, so wird er nach der im Einfallspunkte errichteten Normalen hingebrochen, es ist also der Sinus des Einfallswinkels grösser als der des Brechungswinkels und umgekehrt.

Ist also das Brechungsverhältniss oder der Brechungscoefficient $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \mu$, wenn der Strahl aus Luft in Glas übergeht, so würde beim Uebergang aus Glas in Luft der Coefficient $\frac{\sin\alpha_{,}}{\sin\beta_{,}} = \frac{1}{\mu}$ sein. Wird aber im letzteren Falle der Einfallswinkel $\alpha_{,}$ gleich dem Grenzwinkel oder kritischen Winkel α_0, so wird $\beta_{,} = 90^0$, also $\sin\beta_{,} = 1$ und es ist $\frac{\sin\alpha_0}{1} = \frac{1}{\mu}$ oder $\mu = \frac{1}{\sin\alpha_0}$.

Es ist im Mittel für	Tafelglas	Crownglas	Flintglas
	$\mu = 1{,}510 . \alpha_0 = 41^0 28'$	$1{,}522 . \alpha_0 = 41^0 4'$	$1{,}600 . \alpha_0 = 38^0 41'$.

Die dioptrische Beleuchtung erfolgte zunächst und zwar schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts durch Anwendung von Linsengläsern. Die unvollkommene Form derselben, die Schwierigkeit ihrer Herstellung und die grosse Menge Licht, welche das unreine und dicke Glas, namentlich bei grösseren Linsen verschuldeten, veranlasste jedoch, dass man nach verschiedenen Zusammenstellungen von Linsen und Spiegeln ausschliesslich zu den letzteren zurückkehrte. Condorces wies dann zuerst 1773 auf die Vortheile hin, welche die Zusammensetzung grosser Linsen aus ringförmigen Theilen haben würde, Brewster beschrieb 1811 ein Verfahren, derartige Linsen herzustellen, durch Fresnel endlich wurde 1822 die Idee neu ins Leben gerufen und praktisch ausgeführt. Die Fresnel'schen Linsen, durch deren Anwendung die Beleuchtung der Küsten einen grösseren Fortschritt machte, als durch jede andere bislang erfolgte Verbesserung, bestehen aus einer planconvexen Linse von gut herzustellender Grösse — höchstens etwa 25^{cm} Durchmesser, — und einer Reihe von concentrischen linsenartigen Ringen, welche ein solches Profil haben, dass der Brennpunkt jedes Ringes und der mittleren Linse zusammenfällt. Diese Linsenverbindung wirkt also genau so, wie eine einzige grosse Sammellinse, deren Durchmesser gleich wäre dem Durchmesser des grössten Ringes. (Siehe nebenstehende Skizze). Die bei der dioptrischen Beleuchtung charakteristische doppelte Brechung der Strahlen kann nicht nur durch Linsen und linsenartige Ringe, sondern auch durch Prismen von dreieckigem Querschnitt erreicht werden. Wenn die Flächen jedoch eben sind, so können die beispielsweise auf die Kathete des Dreiecks in verschiedenen Richtungen fallenden Strahlen nicht an der Hypothenuse in paralleler Richtung austreten, und deshalb sind derartige Prismen nicht anwendbar.

Fig. 7.



Auch bei der katadioptrischen Beleuchtung, bei welcher also, wie oben gesagt, durch Glasprismen eine doppelte Brechung und totale Spiegelung erzielt wird, muss die innere Fläche nach einer Curve geschliffen sein. Diese Prismen erhalten einen dreieckigen oder in neuester Zeit auch trapezförmigen Querschnitt (Fig. 17, Taf. LXVII).

Auf die Ableitung der Formeln für die Berechnung der Linsen- und Prismen-Querschnitte dioptrischer und katadioptrischer Apparate kann hier nicht eingegangen werden. Das Erforderliche hierüber findet sich in dem von Chr. Nehls gegebenen Anhange zu Th. Stevenson's *Lighthouse illumination.*

Der optische Apparat für festes Gürtelfeuer wird zur Zeit ausschliesslich durch Zusammensetzung einer von der Ordnung des Feuers abhängenden Anzahl von horizontalen Glasringen gebildet, welche im mittleren Theile des Apparats das Profil der Fresnel'schen Linse, nach Oben und Unten hin das von Dreiecken erhalten und dementsprechend theils dioptrisch theils katadioptrisch wirken.

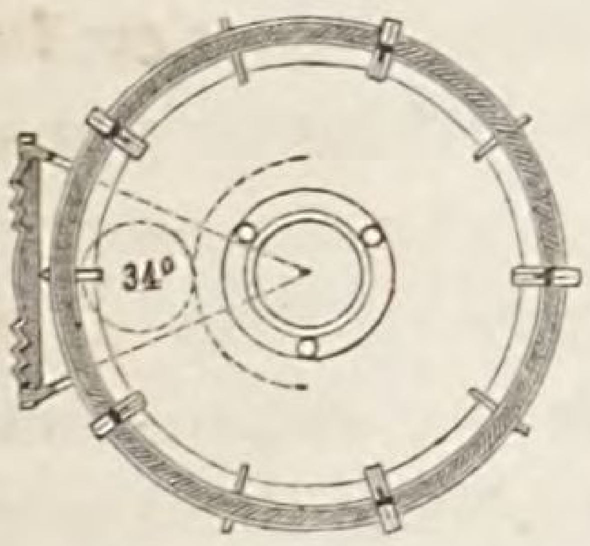
Auf Taf. LXVII ist in Fig. 10 der Querschnitt eines Apparates 1. Ordnung dargestellt, dessen rechte Seite das einfache feste Feuer liefert. Der dioptrische Ring, auch wohl kurzweg Refractor genannt, hat seinen Brennpunkt in der verticalen Umdrehungsachse. Die Brennpunkte der vorhandenen 26 katadioptrischen Ringe — 8 unter, 18 über dem Refractor — liegen in verschiedenen Punkten der Flamme und zwar in solchen, die besonders hell leuchten und von dem Brenner nicht verdeckt werden können.

Die sämmtlichen Ringe werden durch dünne Metallstreifen mit einander zu einem Ganzen verbunden. Nur bei den kleinsten Apparaten kann ein solcher Ring aus einem Stück bestehen, in der Regel wird er polygonartig aus mehreren zusammengesetzt.

Bei dem Apparate 1. Ordnung besteht der dioptrische Theil aus 8 Stücken, die katadioptrischen Theile aus je 16 Stücken, welche an den Stössen durch einen wasserhellen Kitt, den Canada-Balsam, aneinander gekittet werden.

Durch diesen Apparat wird also sämmtliches Licht der Flamme in eine horizontale Scheibe gesammelt, deren Dicke gleich der Höhe des Apparats ist. Wenn man nun vor den Apparat an irgend einer Stelle einen verticalen Glasstreifen stellt (siehe nachstehende Fig. 8) und demselben einen Horizontalschnitt giebt, welcher dem Querschnitte einer Fresnel'schen Linse gleich ist, so wird der Streifen alles vom Umfange des Apparates auf ihn fallende Licht der horizontalen Scheibe in ein verticales Bündel sammeln, dessen Strahlen theoretisch sämmtlich parallel sein sollen, in Wirklichkeit jedoch etwas divergiren. Bei den festen Feuern mit Blinken sind meistens drei solcher Streifen von je 34° Breite mit einander verbunden und durch ein Uhrwerk in eine um die verticale Achse des optischen Apparats rotirende Bewegung gebracht. Die Erscheinung dieses Feuers ist dann die in § 7 dargestellte.

Fig. 8.



Dass jedem Blinke eine kurze Verdunkelung vorangehen und folgen muss liegt auf der Hand, da die verticale Linse das constante Licht von einem bestimmten Theile des Umfangs sammelt, um es für einen Moment auszustrahlen. Die linke Seite der Fig. 10, Taf. LXVII zeigt den Querschnitt eines solchen Apparates für festes Feuer mit Blinken.

Ein **festes Gürtelfeuer** nach **katoptrischem System** lässt sich erreichen, wenn man durch Umdrehung einer Parabel um ihren Parameter als verticale Drehachse eine parabolische Fläche construirt, welche das in der Drehachse, also im Brennpunkte der die Fläche erzeugenden Parabel aufgestellte Licht gleichmässig nach allen Richtungen des Horizontes werfen muss. Siehe nebenstehende Fig. 9. Diese sogenannten **Siderallichter** sind früher für kleinere Feuer an der französischen Küste vielfach — an anderen Orten vereinzelt — verwendet, zur Zeit jedoch durch dioptrische Apparate verdrängt, da ihr Licht verhältnissmässig sehr schwach ist, indem ein sehr grosser Theil desselben nach Aussen über den Rand der Spiegel entweicht, ohne durch diese gesammelt zu werden.

Fig. 10.

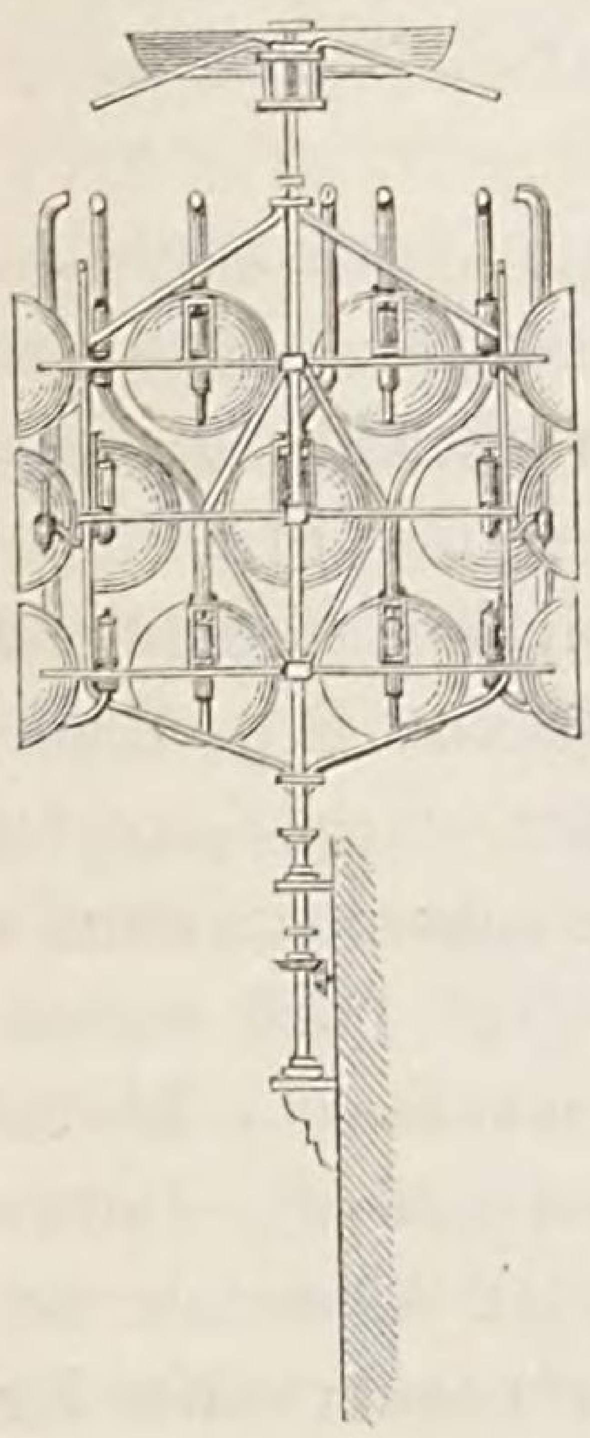
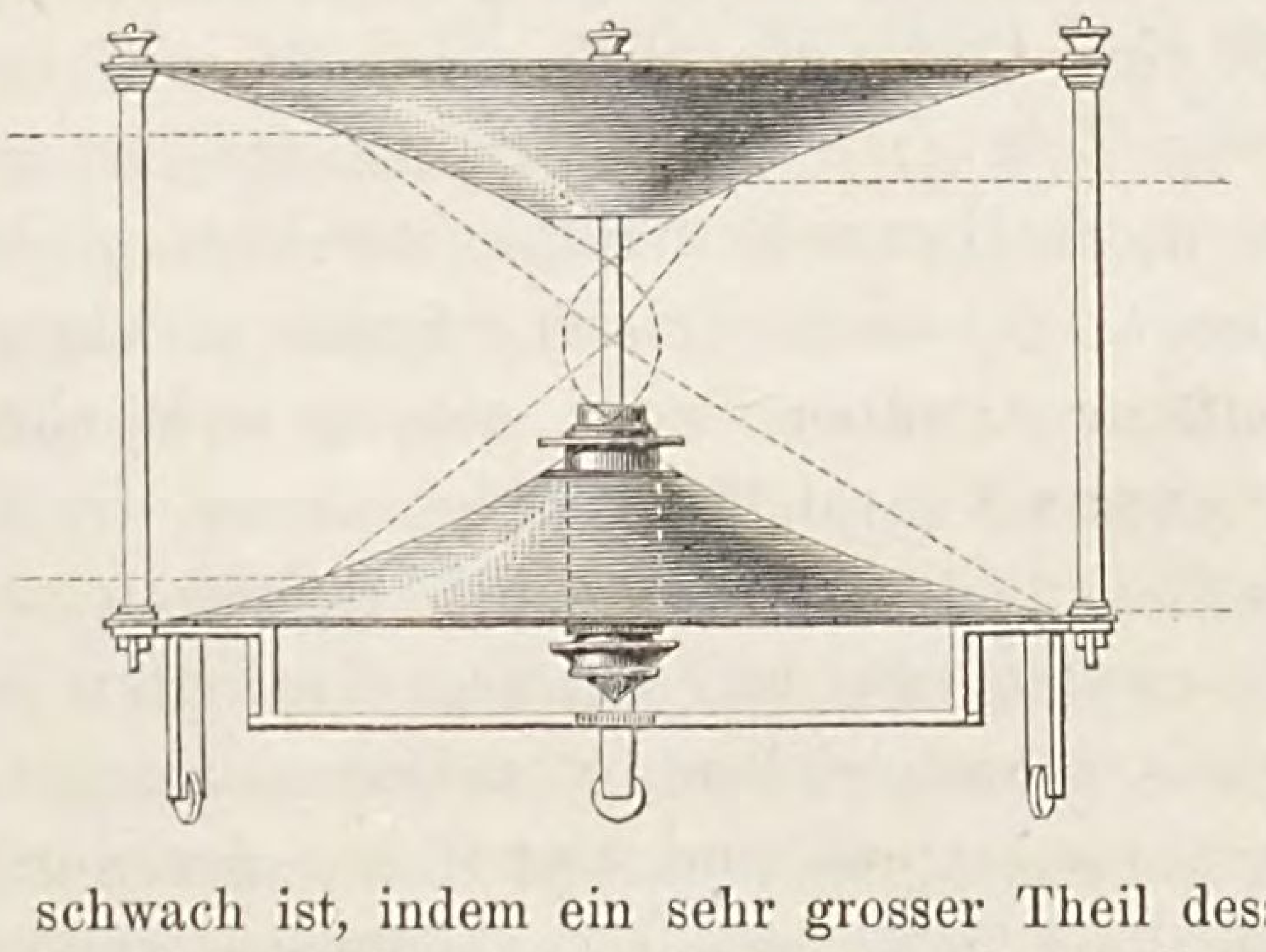


Fig. 9.



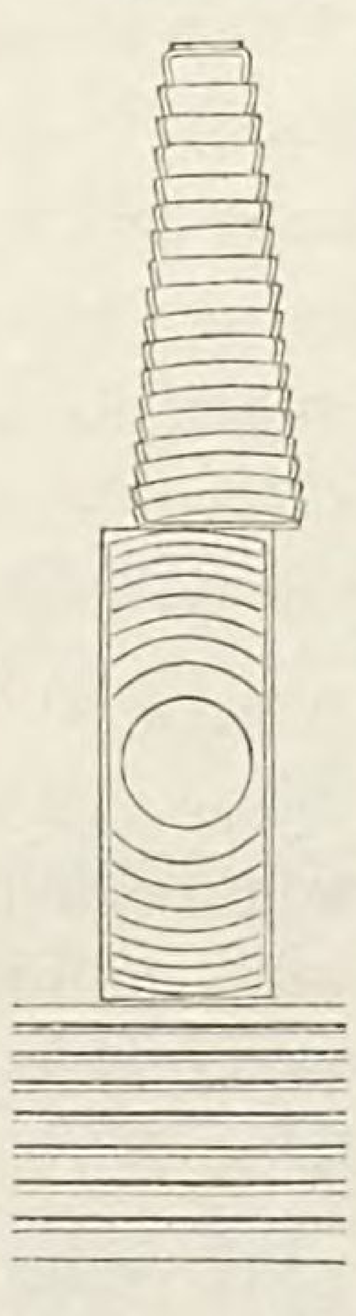
In anderer Weise wurde nach nebenstehender Fig. 10 ein katoptrisches festes Feuer auch durch Verwendung einer grösseren Anzahl einzelner Lampen mit parabolischem Hohlspiegel hergestellt, welche, wie die Figur zeigt, in mehreren Reihen übereinander concentrisch um eine verticale Achse angebracht waren. Die Lampen jeder einzelnen Reihe wurden gegen die der benachbarten Reihen versetzt, so dass die verschiedenen divergirenden Strahlenbündel möglichst zusammenfielen und annähernd gleichmässig den Horizont erleuchteten. Wenn man so durch Vermehrung der Lampen freilich ein erheblich stärkeres Licht als das des Sideralfeuers erlangen konnte, so

ist der zuerst genannte dioptrische Apparat dem katoptrischen doch an Gleichmässigkeit und Stärke des Lichtes soweit überlegen, dass der katoptrische nicht mehr benutzt wird.

Die Apparate für Drehfeuer, und zwar im weiteren Sinne, also mit Einschluss der Blink- und Funkelfeuer, bestehen bei dem dioptrischen und katadioptrischen System entweder aus einer um die Lampe sich drehenden vielseitigen Glastrommel, in welcher jede Seite so construirt ist, dass sie die auf sie fallenden Lichtstrahlen gleichzeitig in horizontaler und verticaler Richtung zu einem cylindrischen Strahlenbündel sammelt, oder aus zwei Trommeln, der feststehenden innern, welche nach Art derjenigen für festes Feuer das Licht nur vertical bricht und zu einer horizontalen Scheibe sammelt, und der sich drehenden äusseren, welche die Lichtscheibe in einzelne Bündel zerlegt. In beiden Fällen hängt es von der Seitenzahl und der Umdrehungsgeschwindigkeit der drehbaren Trommel ab, innerhalb welches Zeitraumes und mit welcher Lichtstärke die Blinke erscheinen sollen. In der Regel macht die Trommel in 6—8 Minuten eine Umdrehung. Eine grössere Geschwindigkeit ist bei dem grossen Gewicht und der Zerbrechlichkeit der sich drehenden Glasmassen nicht empfehlenswerth.

Bei dem ersteren Apparate sind die Polygonseiten aus ringförmigen Linsen zusammengesetzt. Fig. 7 auf Taf. LXVII zeigt einen solchen 1. Ordnung. Die linke Hälfte ist die eines Drehfeuers, welches in jeder Minute einen Blink von 5075 Lichtstärken und 27,9 Meilen Sichtweite besitzt. Bei Blinkfeuern, deren Blinke in Zwischenräumen von je 30 Secunden bezw. 20 Secunden erscheinen sollen, pflegt man die Umdrehungsgeschwindigkeit des eben beschriebenen Apparates beizubehalten, jedoch die Anzahl der Seiten auf 16 bezw. 24 zu erhöhen, wie dies auf der rechten Seite der Fig. 7 dargestellt ist. Man kann jedoch selbstredend auch mit einem Apparate von 16 Seiten Blinke in je 20 Secunden erzeugen. In solchem Falle würde also die ganze Umdrehungszeit $16 . 20 = 320$ Secunden $= 5\,^1/_3$ Minuten betragen müssen. Da die Dauer der Sichtbarkeit eines Blinkes von der Divergenz der äusseren Strahlen des erzeugten Lichtbündels abhängt und diese bei dem dioptrischen Theile eines Apparates 1. Ordnung etwa 6^0, bei dem katadioptrischen etwa 8^0 beträgt, so ergiebt sich die Dauer bei dem mittleren Theile zu $\frac{320 . 6}{360} = 5{,}33$ Secunden, bei dem oberen und unteren zu $\frac{320 . 8}{360} = 7{,}11$ Secunden.

Fig. 11.



Ist diese Dauer der Blinke zu kurz, so würde man zunächst den Apparat langsamer drehen können. Dadurch würden jedoch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blinken vielleicht zu lang werden. Dies zu vermeiden versetzt man die Achsen der drei übereinander liegenden Theile einer Polygonseite um einige Grad (siehe Fig. 11), so dass die von letzteren erzeugten Blinke von dem Beobachter nicht ganz gleichzeitig wahrgenommen werden, sich dagegen in einen gemeinsamen längeren Blink zu vereinigen scheinen. Würde z. B. der obere Theil gegen den mittleren um 1,60 Grad nach rechts, der untere ebensoviel nach links verschoben, so würde der Divergenzwinkel auf $8^0 + 2 . 1{,}6^0 = 11{,}2$ Grad wachsen und die Dauer der Sichtbarkeit eines Blinkes würde $\frac{320 . 11{,}2}{360} = 10$ Secunden betragen. Durch diese Anordnung wird jedoch die Leuchtkraft des Blinkes eine schwächere, da die grössten Lichteffecte der drei Theile nicht gleichzeitig, sondern nach einander stattfinden, und es muss daher in jedem besonderen Falle erwogen werden, in welchem Verhältniss die Licht-

stärke, die Dauer der Blinke und die der zwischen den Blinken eintretenden Verfinsterung zu einander stehen sollen.

Aus diesem Apparat für Blinkfeuer entsteht ein solcher für festes Feuer mit Blinken, wenn man die katadioptrisch wirkenden Theile, oder einen von ihnen, nicht aus ringförmigen Linsen, sondern aus horizontalen Streifen zusammensetzt.

Dies ist besonders dann von Nutzen, wenn die Blinke in grösseren Zwischenräumen erfolgen. Bei dem in Fig. 7, Taf. LXVII und zwar auf der linken Seite derselben dargestellten Apparate ist der obere Theil zur Verlängerung der Blinke um 4° gegen den mittleren versetzt, während der untere Theil ein festes Feuer zeigt. Die rechte Seite der Figur zeigt dagegen einen Apparat, dessen Blinke in Zwischenräumen von nur 20 Secunden erfolgen. Hier ist weder eine Verlängerung der Blinke, noch ein theilweise festes Feuer erforderlich, die katadioptrischen Theile bestehen daher beide aus ringförmigen Linsen und ihre Achsen fallen fast immer mit der des dioptrischen Theiles zusammen. In dem vorliegenden Falle allerdings nicht, da der hier gezeichnete Apparat noch insofern complicirter ist, als die Blinke des obersten Theiles roth sind, die der unteren Theile weiss und beide abwechselnd erscheinen.

In Fig. 8 und 9 auf Taf. LXVII ist ein Blinkfeuer-Apparat 3. Ordnung dargestellt, dessen Construction auf der Anwendung zweier Trommeln beruht. Die Fresnel'schen Linsen haben nämlich den Nachtheil, dass sie kostspielig und schwer zu montiren sind. Der Apparat hat also statt einer Trommel mit Fresnel'schen Linsen zwei Trommeln *a* und *c* (Fig. 9) erhalten, von denen *a* durch dioptrische Linsen gebildet wird, welche die Strahlen zunächst zu einer horizontalen Scheibe vereinigen. Die äussere drehbare Trommel besteht aus 20 plan-cylindrischen Gläsern, durch welche ebensoviel viereckige Strahlenbündel gebildet werden, deren äussere Divergenz etwa 6° beträgt. Die Montirung dieser Gläser ist allerdings wesentlich einfacher, als die der Fresnel'schen Linsen; es tritt aber hier der Uebelstand ein, dass man, um die Lampe in das Innere der beiden Trommeln einbringen zu können, ein Viertel der innern Trommel — in Fig. 9 mit *b* bezeichnet — als Apparat niederer Ordnung construiren muss, der sodann innerhalb der Trommel *a* seitwärts geschoben werden kann, wenn vorher an den Stellen *x x* je zwei plan-cylindrische Gläser wie kleine Thüren an Charnieren geöffnet sind.

Eine Verringerung der Wirksamkeit des Apparates in einem Viertheil seines Umfanges ist allerdings ein Mangel, doch würde er bei den meisten Feuern ohne Bedeutung sein, da der Leuchtkreis derselben selten mehr als 270° misst. Auch kann man den fraglichen Uebelstand dadurch vermeiden, dass man die äussere Trommel nur über den oberen Theil der inneren aufhängt. Immer aber werden die beiden Glastrommeln mehr Licht verschlucken, als die eine Trommel mit Fresnel'schen Linsen.

Die Vorrichtung zum Drehen der Trommeln aller Drehfeuer besteht aus einem Uhrwerk, dessen Gewicht in gewissen Zeiträumen aufgezogen und dessen Gang durch einen Flügelregulator regulirt wird. (Fig. 8 u. 10). Ein weiteres Eingehen auf die Construction derselben würde hier zu weit führen.

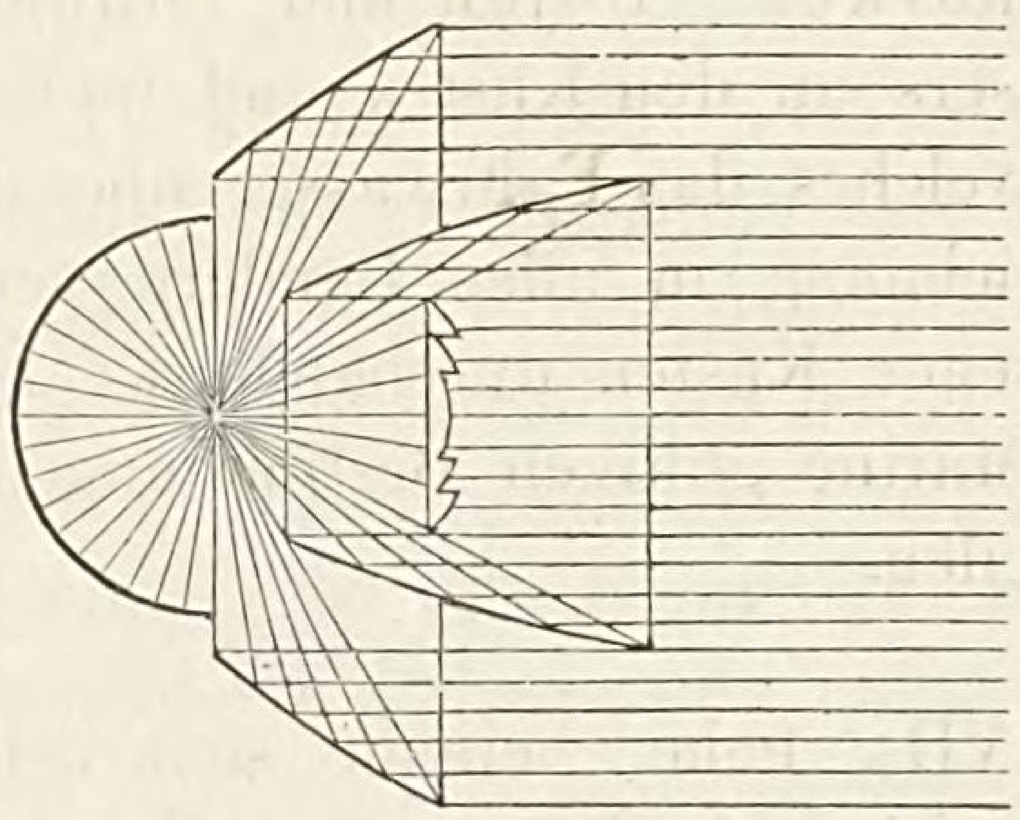
Die Apparate für Wechselfeuer und unterbrochene Feuer sind dieselben wie für feste Feuer. Es werden jedoch durch drehbare farbige oder dunkle Schirme entweder abwechselnd die Lichtstrahlen gefärbt, oder zeitweise ganz unterbrochen.

Als Apparate für Richtfeuer dienen jetzt ausschliesslich die von ihrem Erfinder Th. Stevenson so genannten Holophotal-Lichter. Dieselben beruhen auf dem Princip, dass bei Vermeidung aller unnöthigen Brechung und Spiegelung alle

von der Flamme ausgehenden Lichtstrahlen in ein einziges Bündel paralleler Strahlen vereinigt werden.

Es wurde dies bei den ersten Apparaten erreicht durch die Verbindung einer ringförmigen Linse mit einem Rotationsparaboloid, bei welchem der zwischen Brennpunkt und Scheitel liegende Theil durch einen halbkugelförmigen Spiegel ersetzt war. Statt eines einzigen Paraboloids sind später bei grösseren Apparaten zweckmässig zwei oder auch mehrere Stücke angewandt, da es schwierig ist derartige grosse Spiegel genau zu arbeiten. Siehe Fig. 12. Die Flamme muss in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte der Linse und der Paraboloide und in dem Mittelpunkte des kugelförmigen Spiegels liegen. Alsdann werden alle Strahlen von der vorderen Hälfte der Lichtkugel parallelisirt, die Strahlen der hinteren Hälfte aber von dem halbkugelförmigen Spiegel derart zurückgeworfen, dass sie durch den Brennpunkt hindurchgehend ebenfalls auf die Linse und die Paraboloide gelangen und mit den vorderen Strahlen parallel weiter befördert werden.

Fig. 12.



Der Vortheil der totalen Spiegelung durch Glas statt der gewöhnlichen Spiegelung von metallischen Flächen führte zunächst dazu, die parabolischen Flächen durch katadioptrisch wirkende Prismenringe zu ersetzen, welche durch Drehung um eine horizontale Achse erzeugt sind. Sodann wurde auch der hintere Metallspiegel durch solche Glasringe ersetzt, welche jedoch jetzt durch Drehung um die verticale Achse hergestellt werden, wie der in Fig. 5 u. 6 auf Taf. LXVII dargestellte Apparat zeigt.

Eine weitere Vervollkommnung der Holophotallichter ist endlich von Stevenson noch dadurch erreicht, dass er noch etwa zwei Drittheile der Strahlen von der hinteren Hälfte der Lichtkugel direct nach vorne wirft, während nur ein Drittheil durch den hinteren Spiegel auf die vorderen Glasringe reflectirt wird. Hierzu bedient er sich einer besonderen Art von Prismen mit trapezförmigem Querschnitte, wie sie auch in dem Apparat für scheinbares Feuer (Fig. 17 u. 18, Taf. LXVII) von ihm verwendet worden sind.[9]) Dieser letztere Apparat sammelt die von einem Holophotallicht am Ufer herrührenden parallelen Strahlen in einen einzigen Punkt und verbreitet sie über einen seeseitig gelegenen Bogen des Horizonts von 62°. Derselbe ist in der Bai von Stornoway aufgestellt und etwa eine Meile weit sichtbar. Die Prismen befinden sich in einem eisernen Gehäuse mit den nöthigen beiden Fenstern zum Ein- und Auslassen der Strahlen. Die zu letzterem Zwecke dienende Glasscheibe ist von halbcylindrischer Form, um einen durch schiefes Auffallen der Strahlen entstehenden Lichtverlust zu verhüten. Es mag hier noch erwähnt werden, dass für die scheinbaren Feuer sich das electrische Licht ganz besonders eignet, da es wegen der Kleinheit der Flamme am besten zusammen gehalten werden kann, also zwischen dem wirklichen und dem scheinbaren Feuer wenig Licht durch Divergenz der Strahlen verloren geht.

Anfertigung und Kosten. Die optischen Apparate werden der ausserordentlich schwierigen Herstellung wegen nur von wenigen Firmen angefertigt. Die bedeutendsten sind:

1. The manufactory of Chance Brothers & Co. bei Birmingham,

[9]) Vergl. Lighthouse illumination. S. 46.

2. Henry Lepaute, 3. Sautter, Lemonnier & Co.,
4. Barbier & Fenestre, sämmtlich zu Paris.

Die ungefähren Kosten vollständiger Apparate für Gürtelfeuer belaufen sich auf:

Apparat	1. Ordnung	50000	bis	60000	Mark.
„	2. „	30000	„	40000	„
„	3. „	20000	„	30000	„
„	4. „	6000	„	9000	„
„	5. „	5000	„	7000	„
„	6. „	400	„	500	„ .

§ 9. Schwimmende Seezeichen. 1. Tagesmarken. Bojen und Tonnen dienen zur Bezeichnung einzelner Punkte des Fahrwassers an den Küsten und bilden in der Regel ein zusammenhängendes System, durch welches das Fahrwasser überall genau erkennbar wird. Leider ist die Art der Bezeichnung in allen Ländern verschieden und am wenigsten einheitlich an den deutschen Küsten durchgeführt. Es mag daher genügen die in der kaiserlich deutschen Marine gültigen Bestimmungen, — die hoffentlich bald allgemein werden, — mitzutheilen.

Es werden dort unterschieden:

1) Bakentonnen (Fig. 15 und 16, Taf. LXVII), hohe, beinahe senkrecht schwimmende und weit sichtbare Tonnen mit oder ohne Abzeichen (wie Würfel, Kugel, Schlüssel, Adler u. s. w.) Dieselben werden besonders zur Anseglung der Häfen benutzt, liegen also am weitesten nach See zu und müssen daher weit sichtbar und mit dem Namen der Klippen, Sandbänke u. s. w., welche sie decken, bezeichnet sein. Da sie möglichst senkrecht schwimmen sollen, so ist die Form des vollständigen oder abgestumpften Kegels die zweckmässigste.

2) Fahrwasser-Tonnen (Fig. 4) sind stumpfe oder spitze Tonnen, ihrer Grösse nach in 3 Klassen getheilt. Es werden z. B. stumpfe rothe Tonnen zur Bezeichnung einer bestimmten Wassertiefe an Steuerbordseite des in den Hafen laufenden Schiffes gelegt, schwarze spitze Tonnen an Backbordseite. Alle Tonnen werden von der Seeseite nach binnen fortlaufend mit Buchstaben oder Nummern bezeichnet, die sie an eisernen Stangen tragen. An Stelle der spitzen Fahrwasser-Tonnen sollen auch

3) Spieren-Tonnen verwendet werden, weit sichtbare Stangen-Seezeichen mit oder ohne besondere Abzeichen, welche als Schwimmvorrichtung kleine Tonnen oder tonnenartige Gehäuse haben.

Fig. 12 zeigt eine derartige Spieren-Tonne 1. Classe, wie sie für die Unter-Weser und die Kieler Bucht neuerdings beschafft sind. Die Höhe beträgt 13^{m}, der grösste Durchmesser $0^{m},8$, die Blechstärke 6^{mm}. Es sind 5 wasserdichte Schotten vorhanden. Die Tonnen 2. Classe sind $8^{m},7$ hoch bei $0^{m},85$ grösstem Durchmesser.

4) Endlich sind die Treibbaken zu nennen, kleinere Stangen-Seezeichen, mit oder ohne Abzeichen (wie Besen, Lederstreifen, Fahnen, Körbe u. s. w.), welche entweder keine oder nur aus einem Holzklotz oder dergleichen bestehende und gewöhnlich über Wasser nicht sichtbare Schwimmvorrichtungen haben. Sie dienen in der Regel zur Bezeichnung einzelner Untiefen.

Die ebenfalls als sichtbare Seezeichen benutzbaren, aber vorzugsweise als hörbare Zeichen dienenden Glocken- und Pfeifen-Bojen sind im folgenden Paragraphen zu besprechen.

Tonnen und Bojen werden jetzt fast ausschliesslich nur noch aus Eisen construirt, da sie dauerhafter sind als die hölzernen und geeignetes Holz von der erforderlichen vorzüglichen Beschaffenheit immer seltener wird. Hinsichtlich der nöthigen

Wasserdichtigkeit und sorgfältigen Unterhaltung, sowie der Art der Befestigung am Meeresboden gilt das in Cap. XVII, § 10 von den Ankerbojen Gesagte.

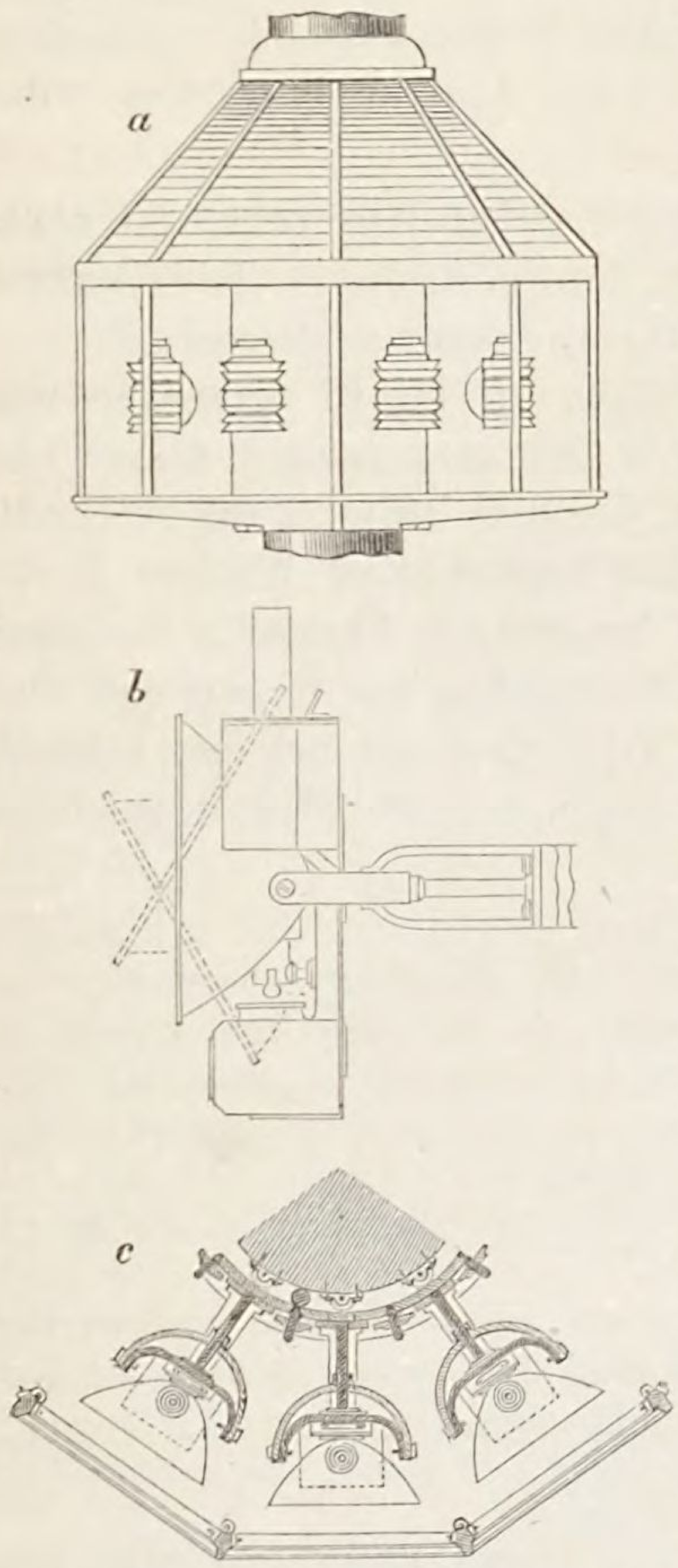
Die Grösse ist stets so zu bemessen, dass das Gewicht der Kette und die etwa vorhandene Strömung die Tonne nicht zu sehr niederdrücken können. Da das Gewicht der Kette von der Länge derselben, also von der vorhandenen Wassertiefe abhängig ist, so sind namentlich alle Fahrwassertonnen der Grösse nach in bestimmte Classen (in der Regel 2 bis 3) eingetheilt.

Hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der Bojen ist eventuell auch Beschädigung durch Eisgang zu berücksichtigen.

2. Nachtmarken. Feuerschiffe. Man hat zwar in neuester Zeit den Versuch gemacht, Tonnen und Bojen auch Nachts als Seezeichen zu verwenden, indem man sie entweder mit einer Gas-Rohrleitung vom Lande aus versah oder vom Schiffe aus nach Bedarf mit Gas füllte. Die Anzündung erfolgte durch einen galvanischen Strom, der durch Kupferdrähte geleitet einen Platina-Draht bis zum Rothglühen erhitzte. Eine allgemeine Bedeutung kann dies Verfahren aber schwerlich erlangen, da ein derartiges Licht, wenn es auch vom Lande würde entzündet werden, zu leicht durch Wellen ausgelöscht wird. Vortheilhafter würde in dieser Beziehung das electrische Licht sein und es ist daher auch zu hoffen, dass die für grosse Häfen wichtige Frage der Erleuchtung von Bojen und Tonnen mit der Zeit in befriedigender Weise gelöst wird. Für jetzt sind jedoch als eigentliche schwimmende Nachtmarken nur die Feuerschiffe zu betrachten. Dieselben dienen zur Bezeichnung solcher Untiefen, an denen sich feste Leuchtfeuer nur mit unverhältnissmässigen Kosten würden errichten lassen, sind aber ganz besonders auf beweglichen Sandbänken unentbehrlich, da ihre Lage stets den veränderten Verhältnissen entsprechend verändert werden kann. — Ein derartiges Schiff bietet an sich nichts besonderes. Seine Dimensionen müssen sich nach der Wassertiefe, dem Seegange, kurz nach den Verhältnissen des Platzes, an welchen es verankert werden soll, richten. Es ist daher hier nur der Leuchtapparat von Interesse. Derselbe wird bei den gewöhnlichen Feuerschiffen, von denen Fig. 1, Taf. LXVII einen Querschnitt zeigt, stets so construirt, dass mehrere Lampen katoptrischen oder dioptrischen Systems rings um den Mast angebracht und zu einer Laterne vereinigt werden, die an dem Mast aufwärts und abwärts bewegt werden kann. In manchen Fällen bringt man ausserdem eine Drehvorrichtung an, wodurch aus dem festen Feuer ein Drehfeuer hergestellt wird. Dies ist für die katoptrischen Apparate insofern günstiger, als durch die einzelnen Hohlspiegel ohnehin schon einzelne Strahlenbündel gebildet werden, zwischen welchen dunkle Stellen liegen, so dass eine grosse Anzahl — etwa 24 — Lampen erforderlich sind, um ein gleichmässig starkes Licht ringsum zu spenden. Man hilft sich in der Weise, dass man die Flammen nicht in die Brennpunkte, sondern näher an die Scheitel der Paraboloide bringt, so dass die Lichtstrahlen mehr divergiren. Dies hat ausserdem den Vortheil, dass der beleuchtete Gürtel ein breiterer wird und in ihm die Schwankungen des Schiffes und des Apparates weniger stark empfunden werden. Zum grossen Theil wird dieses Schwanken allerdings schon dadurch unschädlich gemacht, dass jeder Hohlspiegel, in Universalgelenken aufgehängt, nach allen Richtungen sich drehen kann.

Die nachstehenden Figuren (S. 1135) zeigen unter *a* den katoptrischen Apparat des in Fig. 1, Taf. LXVII dargestellten Feuerschiffes von Ruytingen, der eine Sichtweite von 9,4 bis 11,4 Seemeilen besitzt, unter *b* und *c* aber einen dioptrischen Apparat

Fig. 13.



von 19 Meilen Sichtweite, wie er von den Gebrüdern Stevenson mehrfach zur Ausführung gebracht ist.

Wesentlich vollkommener als das gewöhnliche Feuerschiff ist der in Fig. 3, Taf. LXVII dargestellte schwimmende Leuchtthurm, welcher im Mittelländischen Meer an der Insel Grado ausgelegt ist. Das Schiff trägt einen vollständigen Leuchtthurm mit dioptrischem Apparat, der in Universalgelenken aufgehängt ist, um gegen die Schwankungen des Schiffes weniger empfindlich zu sein. Es ist ausserdem mit einem Dampf-Nebelhorn versehen und daher im Stande, bei jeder Tageszeit und jedem Wetter seinen Zweck zu erfüllen. Derartige seetüchtige Feuerschiffe sind namentlich an den weit seewärts gelegenen Stationen zu empfehlen.

Es mag schliesslich noch erwähnt werden, dass alle diese schwimmenden Seezeichen, Bojen, Tonnen und Feuerschiffe in nördlichen Gegenden zur Winterzeit oft des Eisganges wegen eingezogen und erst im Frühjahr wieder ausgelegt werden.

§ 10. Hörbare Seezeichen. Ein schlimmerer Feind als selbst die Nacht ist dem Schiffe der Nebel, der nicht nur Nachts die stärksten Feuer so vollständig verdunkelt, dass sie selbst in geringer Entfernung unsichtbar werden, sondern auch bei Tage Küsten und andere Schiffe mit undurchsichtigem Schleier umhüllt.

Da man den Nebel durch optische Mittel nicht unschädlich machen kann, so versuchte man seit langer Zeit schon Schallsignale zu diesem Zwecke zu verwenden. Alle möglichen Instrumente, Hörner, Pfeifen, Gongs, Glocken, Kanonen wurden dabei benutzt, kurz es wurde auf jede Weise versucht einen möglichst grossen, weithin hörbaren Lärm zu machen.

In den vereinigten Staaten von Nordamerika, in denen die Nebel während der Sommermonate überaus häufig sind und ein starker Verkehr derartige Sicherheitsmassregeln besonders nöthig macht, hat man sich schon etwa seit dem Jahre 1855 mit den akustischen Signalen vielfach beschäftigt und sind namentlich von Professor Henry darauf bezügliche Versuche angestellt. — Erst in den Jahren 1872 bis 74 begann man auch in England der Sache näher zu treten, liess die in Amerika ausgeführten Anlagen durch geeignete Fachmänner studiren und stellte unter Leitung des bekannten Professors Tyndall eigene Versuche an der englischen Küste an[10]).

Die Resultate der amerikanischen und englischen Versuche sind kurz die folgenden:

1) Die Richtung, aus welcher der Ton kommt, lässt sich genau erkennen, so dass der Schiffer sich danach richten kann.

[10]) Siehe Zeitschr. f. Bauw. Bd. XXVI.

2) Der Ton sucht sich nach allen Seiten gleichmässig fortzupflanzen. Er lässt sich durch Reflectoren nur auf ganz geringe Entfernung hin verstärken. Die Schall- oder Sprachrohre geben dagegen einen in der Achsenrichtung des Rohrs stärkern Ton.

3) Die Fortpflanzung des Tones und damit seine Hörweite ist nicht nur von seiner Stärke, sondern von verschiedenen anderen Einflüssen, namentlich von dem Winde und von der Lufttemperatur abhängig.

Es fand sich, dass Instrumente, welche zu Zeiten 10 bis 12 Seemeilen weit deutlich hörbar waren, an einzelnen Tagen und zwar bei ganz ruhiger klarer Luft kaum 2 bis 4 Meilen weit wahrgenommen werden konnten. Und zwar wechselte diese Hörweite selbst innerhalb weniger Stunden ohne bemerkbaren Wechsel in der Atmosphäre. Ausserdem wurde auch die anderweit beobachtete Thatsache mehrfach festgestellt, dass die Töne in einzelnen Zonen ganz verschieden, vor diesen und über dieselben hinaus jedoch deutlich vernehmbar sind, oder dass sie bei fast ruhigem Wetter in einer Richtung verschwinden, in der entgegengesetzten aber deutlich gehört werden.

Tyndall sucht die Erklärung hierfür in folgender Weise: Er nimmt an, dass sich aus dem Wasser Dünste entwickeln, welche in der klaren durchsichtigen Luft aufsteigend, selbstständige verticale Schichten bilden, die für das Licht vollkommen durchlässig, also unsichtbar sind, dagegen die Tonwellen schwächen oder zurückwerfen. Solche die Hörweite also wesentlich beeinflussende, akustische Wolken würden sich besonders an klaren ruhigen Tagen bei kräftigem Sonnenschein bilden, Abends dagegen wieder auflösen und zerstreuen. Zur Unterstützung seiner Ansicht führt Tyndall die Thatsache an, dass oft und zwar auch bei wolkenlosem Himmel von allen Signalen aus der See ein kräftiges Echo zurückkommt.

Dieser Tyndall'schen Theorie tritt Henry allerdings entgegen. Er stellte auf einer Insel Versuche an und fand, dass der senkrecht in die Höhe geworfene Ton eines Nebelhorns ein Echo hervorbrachte, das von allen Seiten in fast gleicher Stärke und gleichzeitig zurückkam, jedoch nicht von oben her. Eine über die Insel hinziehende Wolke gab ebenfalls kein Echo. Das seitliche Echo trat sowohl an ganz klaren und wolkenlosen als an nebligen Tagen auf.

Hiernach glaubt Henry das Vorhandensein akustischer Wolken bezweifeln und das Echo lediglich durch Rückwirkung der stets welligen Seeoberfläche erklären zu müssen. Aus seinen Versuchen, mit denen die des Professors Reynold in Manchester durchaus übereinstimmen, geht dagegen hervor, dass der Wind den Schall ausserordentlich beeinflusst, da ersterer in den verschiedenen Höhen über dem Meere fast immer in verschiedener Stärke auftritt. Ist überhaupt kein Wind vorhanden, so muss der über eine rauhe Fläche hinziehende Schall in den höheren Schichten stärker hörbar sein als in den unteren. Ist die Geschwindigkeit des Windes in der hier nur in Betracht kommenden, nahe über der Erdoberfläche liegenden Luftschicht oben grösser als unten — und nach Henry ist es immer der Fall, — so wird ein mit dem Winde gehender Ton nach unten zu gebrochen und der Meeresfläche zugekehrt, ein gegen den Wind eilender Schall jedoch aufwärts gelenkt. Sind aber die Windrichtungen oben und unten entgegengesetzt, so tritt eine unregelmässige Verschiebung der Schallwellen ein und damit eine stellenweise Verdichtung oder Verdünnung derselben, wodurch die Hörbarkeit dementsprechend an einzelnen Stellen erhöht oder vermindert wird. Am günstigsten ist mässiger Wind, der sich oben schneller bewegt als unten, da dieser den Ton etwas zur Erdoberfläche hinabbeugt und dadurch den Verlust ersetzt, der durch die Reibung an dieser Oberfläche entsteht. Ein starker Wind beugt den Schall immer zu rasch aufwärts oder abwärts. Es ist daher der Ton eines Nebelsignals auf einem mit dem Winde der Signalstation sich nähernden Schiffe, am frühesten vom Maste des Fahrzeugs aus wahrzunehmen, wie das durch mannigfache Versuche constatirt wurde, indem man sich auf Thürmen von verschiedener Höhe am Ufer aufstellte. Bei einer Höhendifferenz von rund 60^m nahm die Hörweite um das Neunfache zu.

Einen fast entgegengesetzten Einfluss auf die Schallwellen übt nach Reynolds die Temperatur der verschiedenen Luftschichten aus, da diese in den unteren meistens eine höhere ist als in den oberen und daher dort den Schall mehr beschleunigt, als hier. Eine möglichst gleichmässige Temperatur ist daher für den Schall günstig. Gleichmässigkeit der Atmosphäre in jeder

Hinsicht scheint überhaupt die Bedingung zu sein, welche erfüllt werden muss, wenn der Ton weit getragen werden soll, und von diesem Gesichtspunkte aus ergänzen sich die Theorien von Tyndall und Henry mehr als sie sich widerstreiten.

4) Der Nebel ist im Allgemeinen für die Hörweite des Tones günstig, ebenso üben vorüberziehende Regenschauer einen vortheilhaften Einfluss auf die Hörbarkeit aus. Da nun in der Regel bei starken Nebeln die Luft ruhig zu sein pflegt, so würden die Verhältnisse für die Fortpflanzung des Schalles im Allgemeinen auch dann die günstigsten sein, wenn die Signale am meisten gebraucht werden. Nach den in Amerika gemachten Erfahrungen traten jedoch auch bei Nebel aussergewöhnliche Verminderungen der Tonstärke ein und es darf daher die Entfernung, in welcher mit Sicherheit auf die Hörbarkeit eines Instrumentes gerechnet werden kann, nur zu etwa einem Fünftel der gewöhnlichen Hörweite angenommen werden. Das Trinity-House setzt 2 bis 3 *miles* fest.

5) Die Ausbreitung der Tonwellen wird durch Inseln, vorspringende Ufertheile, Gebäude u. s. w. ähnlich gehemmt, wie die von Lichtstrahlen, so dass hinter solchen Gegenständen vollständige Schallschatten entstehen. Bei Auswahl eines Platzes zur Aufstellung eines Nebelsignales ist hierauf sorgfältig Rücksicht zu nehmen.

6) Bei Anwendung von Schallrohr-Instrumenten verbreitet sich der Ton nicht, wie bei den übrigen Instrumenten gleichmässig, sondern vorzugsweise in der Richtung der Achse und nimmt von der Achse des Rohres aus rasch ab. Unter 60° zu beiden Seiten derselben werden bei ruhiger Luft die Töne bereits merklich schwächer. Henry fand vermittels des von ihm construirten künstlichen Ohres folgende Verhältnisszahlen für die Hörweite: Bei einem Horn, dessen Hörweite in der Achsenrichtung 26 Einheiten betrug, verminderte sich dieselbe mit je 30° seitlicher Abweichung auf 23, 21, 18 und 13 Einheiten, hatte also bei 120° auf die Hälfte der Hörbarkeit in der Achsenrichtung abgenommen.

Hörbare Zeichen auf dem Lande. Bei den Apparaten der akustischen Seezeichen findet im Allgemeinen kein Unterschied statt, ob die Zeichen auf dem Lande oder auf dem Wasser angebracht sind. Auszunehmen ist nur die selbstthätige Courtenay'sche Signalboje, die unter allen Umständen nur auf dem Wasser und durch dasselbe in Thätigkeit gesetzt wird.

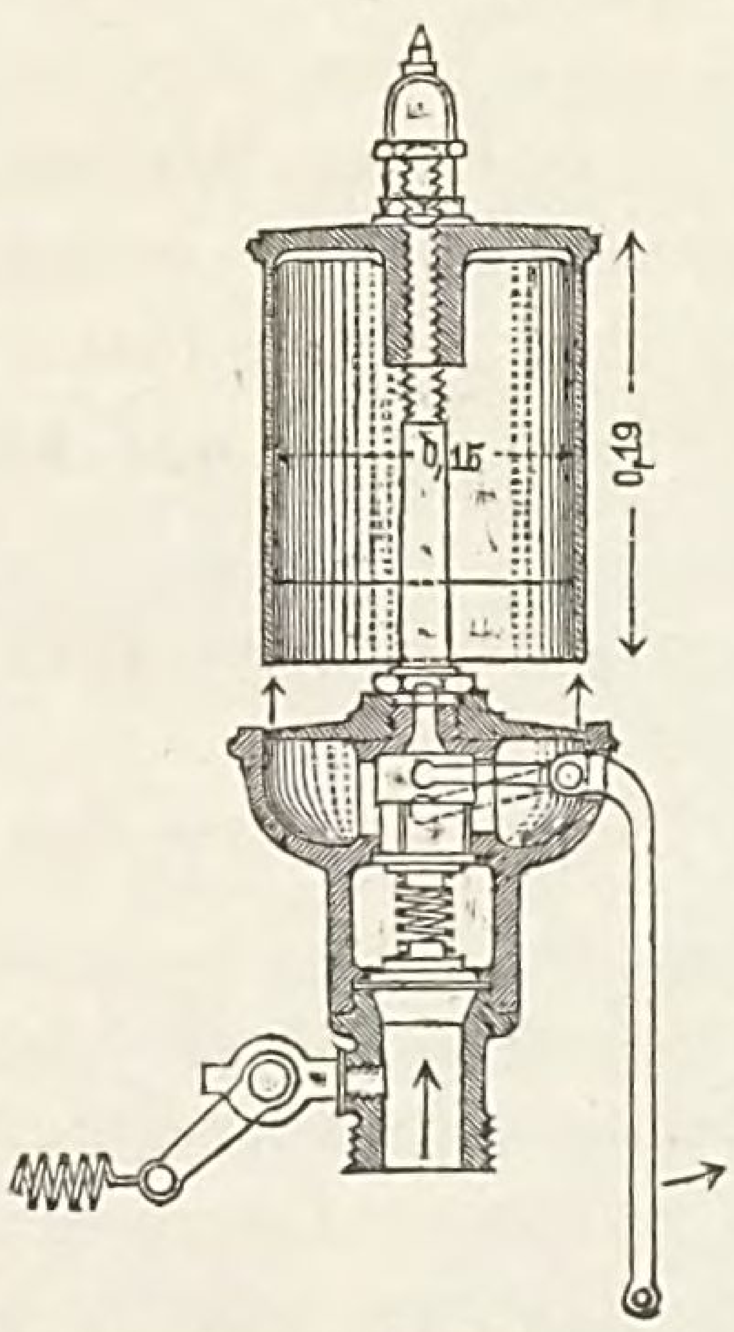
Die einfachsten Instrumente, welche jedoch nur auf geringe Entfernung wirken, sind die von Menschen geblasenen Hörner und die Gongs. Etwas weiter hörbar sind die Glocken. Dieselben werden entweder durch Menschenhand, oder durch Uhrwerk oder schliesslich durch die Beweglichkeit der Meereswellen in Bewegung gesetzt und sind demgemäss verschiedenartig aufgehängt. Wenn die Glocken durch Uhrwerk in Bewegung gesetzt werden, so ist man im Stande dem Signal einen besonderen, die Oertlichkeit bezeichnenden, Charakter zu geben, indem man die Glocke langsamer oder rascher (4 bis 48 Mal in der Minute) anschlagen lässt.

Von den Glockenbojen ist später bei den schwimmenden hörbaren Zeichen die Rede.

Kräftiger, als die Glocken, wirken Geschütze, welche daher auch besonders in England vielfach angewandt sind, und zwar meistens 18-Pfünder mit 3 Pfund Pulverladung. Am wirksamsten erwies sich die kurze Haubitze. Es wurden allerdings bei den Tyndall'schen Versuchen stellenweise sehr gute Resultate mit den Kanonen erzielt, — namentlich erwiesen dieselben sich bei Nebel auch als optische Signale

wirksam, indem der Blitz in einzelnen Fällen weiter gesehen, als der Schall gehört wurde; es zeigte sich aber, dass die Hörweite der Kanonen eine im Verhältniss zu anderen Instrumenten ganz besonders schwankende ist und dass die Kanonen wohl bei einzelnen Gelegenheiten den Pfeifen überlegen waren, während sie bei anderen wieder von diesen weit übertroffen wurden. Auch sind die Signale theurer und können nicht regelmässig und rasch genug gegeben werden, denn da die Bedienungsmannschaft in der Regel nur aus einem Mann besteht, so kann nicht wohl rascher als in je 15 Minuten 1 Schuss abgegeben werden. Dies ist aber viel zu langsam, zumal der Ton ein zu kurzer ist, der durch einen einzelnen Windstoss erdrückt und bei Sturm und Toben der See leicht überhört werden kann. Es soll daher der Zwischenraum zwischen den Signalen womöglich nicht länger als eine Minute sein.

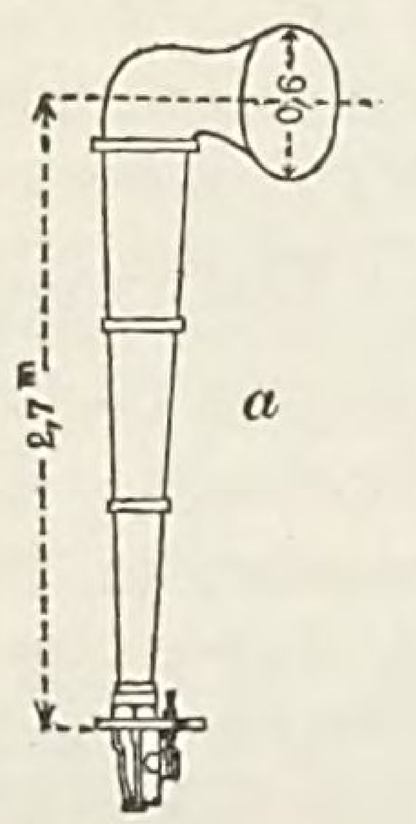
Fig. 14.

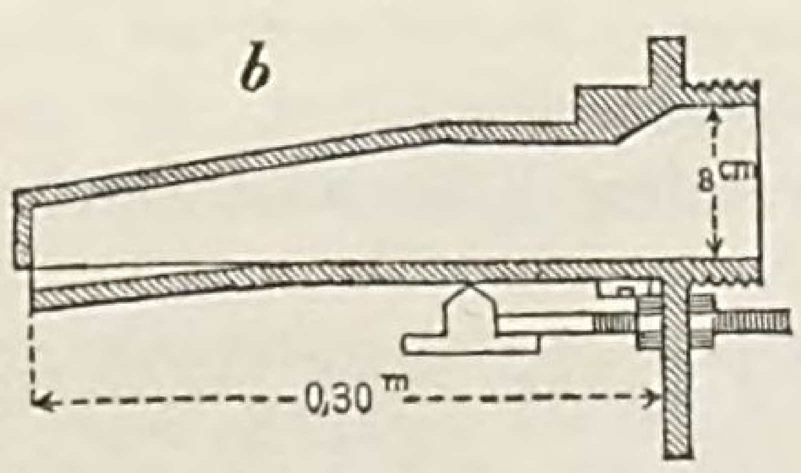


Die *Pfeifen* sind nach Art der Schiffspfeifen, von denen nebenstehende Fig. 14 einen Durchschnitt giebt, construirt. Sie werden durch Dampf angeblasen, welcher durch einen ringförmigen Schlitz von kaum 1^{mm} Breite gepresst und gegen den scharfen Rand einer Glocke geleitet wird. Man kann also durch höhere Spannung der Dämpfe die Stärke des Tones vergrössern. Gewöhnlich arbeiten sie mit Dampf von etwa 4 Atmosphären. Der Durchmesser der Glocke beträgt 25 bis 50^{cm}. Die Entfernung zwischen Glocke und Teller soll etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ des Glockendurchmessers betragen. Diese Entfernung bestimmt die Tonhöhe, welche auf die Hörweite von grossem Einfluss ist. Je geringer die Entfernung, desto höher der Ton. Die Pfeifen sind namentlich noch in Amerika sehr beliebt und verbreitet, doch haben die englischen Versuche im Allgemeinen zu Gunsten der Schallrohr-Instrumente entschieden.

Von diesen hat sich das bereits im Anfange der fünfziger Jahre von dem Amerikaner *Daboll* erfundene und von *Holmes* verbesserte *Horn* vielfach bewährt.

Fig. 15.





Es besteht aus einem 2 bis 3^m langen geraden Schallrohr von Kupfer mit einem clarinettartigen Zungen-Mundstück und wird mit comprimirter Luft von 1 bis 2 Atm. Druck angeblasen. Die Luftpumpen werden durch calorische oder durch Dampfmaschinen betrieben. Das Daboll-Horn steht vertical auf dem Luftreservoir und ist, wie Fig. 15 zeigt, oben horizontal umgebogen, so dass es stets mit Leichtigkeit in den Wind gedreht werden kann. Die Schwierigkeiten, welche das Instrument bietet, bestehen zunächst in der Construction des nebenstehend in grösserem Maasstabe dargestellten Mundstücks. Dasselbe besitzt eine 5 bis 8^{cm} breite, 20 bis 30^{cm} lange Zunge aus 6 bis 15^{mm} starkem Stahlblech, die derartig regulirt werden muss, dass sie mit dem Ton des Schallrohrs zusammenklingt. Besonders aber muss die Grösse und Stärke der Zunge mit der Grösse des Luftdrucks in angemessenem Verhältniss stehen, da eine Zunge von zu schwacher Federkraft sich festsetzt. Die Regulirung des Tons lässt sich nur in geringem Maasse durch die aus der Figur ersichtliche Verschiebung der die Zunge tragenden Schneide,

durch welche eine Verlängerung oder Verkürzung des vibrirenden Theils bezweckt wird, erreichen und ist namentlich dann bedenklich, wenn es dem Wärter überlassen werden muss eine gebrochene Zunge durch eine neue zu ersetzen, was ziemlich oft vorkommt.

In Frankreich soll neuerdings statt comprimirter Luft Dampf verwendet werden, wodurch man die Luftpumpen vermeidet. Es erscheint jedoch zweifelhaft, ob dadurch noch ein weiterer Vortheil erreicht wird. Die Stärke des Anblasens kann wegen der damit zusammenhängenden Verstärkung der Zungen und der daraus resultirenden Erschwerung der Regulirung nicht höher gesteigert werden, als auch durch Luftpumpen zu erreichen sein würde. Die Erhitzung der Stahlzungen kann aber gewiss nicht günstig sein. Ueberdies ist die comprimirte Luft ein dichteres Medium, als Dampf von gleicher Spannung und erzeugt daher einen stärkeren Ton als dieser. Auch hat die comprimirte Luft den Vortheil, dass man das den Ton gebende Instrument von der Betriebsmaschine und den Luftpumpen beliebig trennen kann, was an manchen Orten von Wichtigkeit sein wird.

Das wichtigste Instrument ist die Sirene, von A. und F. Brown in New-York dem bekannten physikalischen Instrument nachgebildet. Zunächst bestand sie aus 2 Scheiben, einer festen mit 12 Schlitzen, aus denen Luft oder Dampf hervorströmt, und einer beweglichen mit 12 die Schlitze deckenden Flügeln, so dass bei jeder Umdrehung 12 Tonwellen erzeugt werden. Die Sirenenwelle macht aber bis 40 Umdrehungen in der Secunde, so dass 480 Luftschwingungen pro Secunde hervorgerufen werden. Vor den Scheiben ist ein gusseisernes Schallrohr zum Zusammenfassen des Tones angebracht. Später ist die Construction dahin geändert, dass nur eine Ausströmungsöffnung vorhanden ist (Fig. 20, Taf. LXVII). Dadurch wird es möglich, das Schallrohr am Mundstück enger zu halten, ja kleiner als die Ausströmungsöffnung, wodurch der Stoss des ausströmenden Dampfes stärker und der Ton kräftiger wird.

Auf Taf. LXVII ist eine Dampf-Sirene 1. Classe gezeichnet, die in neuester Zeit neben dem Leuchtthurm zu Bülk an der Kieler Bucht aufgestellt wurde. Wie aus Fig. 19 ersichtlich ist, ist der in Fig. 20 und 21 in grösserem Maasstabe dargestellte eigentliche Apparat direct auf dem Dom eines Röhrenkessels gewöhnlicher Construction befestigt. Das gusseiserne Gehäuse enthält 2 Kammern A und B. Der Dampf tritt aus dem Dom des Kessels jederzeit frei in die Kammer A und aus dieser durch die Kanäle $a\,a$ in die Kammer B, sofern diese Canäle nicht durch den Schieber D verschlossen sind. Vor der Kammer B ist das sprachrohrartige Schallrohr E angesetzt, in welches das Mundstück e mündet. Vor diesem dreht sich die 10flügelige Sirenenscheibe F auf einer dreimal gelagerten Welle, welche durch eine Riemenscheibe bewegt wird (Fig. 19). Die Drehung der Riemenscheibe erfolgt ununterbrochen, so lange die an dem Kessel angebrachte kleine Dampfmaschine im Betrieb ist, und so bewegt sich denn auch die Sirenenscheibe ohne Unterbrechung am Mundstück vorbei. Ein Ton entsteht jedoch erst dann, wenn der Schieber D die Canäle aa öffnet, der Dampf durch diese in den Raum B eindringt und durch das Mundstück e wieder auszuströmen strebt. Denn da letzteres durch die sich drehende Flügelscheibe nur abwechselnd geöffnet ist, so entstehen durch das unterbrochene Ausblasen Luftschwingungen, welche den Ton erzeugen. Da dieser jedoch nur zeitweise dauern soll, so muss der Schieber D in bestimmten Zwischenräumen die Canäle aa schliessen und wieder öffnen. Zu dem Zwecke befindet sich an der Dampfmaschine ein kleines Schneckenrad M (Fig. 19). An demselben sitzt ein Stossknaggen, welcher die Stange k veranlasst, die Welle m um etwas zu drehen, während das Gegengewicht l sodann eine entsprechende Drehung der Welle in entgegengesetzter Richtung bewirkt. Hierdurch wird der an der Welle befindliche Daumen h und durch ihn der kleine Schieber d hin und her geschoben, so dass der in A befindliche Dampf durch die Röhren n abwechselnd auf die Kolben gg drückt und so den grossen Schieber D in der gewünschten Weise hin und her bewegt.

Die mit Dampf von 4 bis 6 Atm. getriebenen Sirenen sind unstreitig die kräftigsten Nebelsignale. Die Hörweite einer Sirene erster Classe beträgt unter

günstigsten Verhältnissen 12 Seemeilen, mit voller Sicherheit kann auf 3 Seemeilen gerechnet werden.

Das Verhältniss der Hörweiten von Sirene, Daboll-Horn und Dampfpfeife wird verschieden, wie 9 : 7 : 4 oder wie 6 : 5 : 3 angegeben.

Die Betriebskosten der Sirene sind jedoch ebenfalls weit höher als die der anderen Instrumente, da der Kohlenverbrauch mehr als doppelt so gross ist. Es werden daher auch neuerdings Sirenen mit comprimirter Luft angeblasen, wodurch der Kohlenverbrauch wesentlich geringer wird.

Schwimmende hörbare Seezeichen. Die schwimmenden hörbaren Zeichen sollen durch die Wellenbewegung in Thätigkeit gesetzt werden. Sie haben daher den grossen Nachtheil bei ruhigem Wasser aber trüber Luft, also fast immer dann, wenn sie am meisten gebraucht werden, nutzlos zu sein. Es ist fast nur die Glockenboje in Gebrauch und zwar in England mit Glocken von mehr als 2000^{k} Gewicht. Dieselben haben entweder nach Art der gewöhnlichen Glocke selbst einen Klöppel oder es sind, wie Fig. 2, Taf. LXVII zeigt, ausserhalb derselben 4 Klöppel aufgehängt, welche durch die Schwankungen der Boje in Schwingungen gerathen.

In neuester Zeit ist von dem Amerikaner Courtenay eine in Fig. 11 dargestellte selbstthätige Boje erfunden, welche recht gute Resultate erzielen soll. Dieselbe besteht aus einem aufrecht stehenden, unten offenen Cylinder, der durch eine den oberen Theil umgebende Boje getragen wird. Ein Steuerruder dient dazu die Boje immer senkrecht auf die Richtung der Wellen zu stellen. Der Cylinder muss so lang sein, dass er tiefer hinabreicht, als die Wellenbewegung, so dass also der Wasserstand in der Röhre stets der des ruhigen Meeresspiegels ist. Eine vorübergehende Welle wird dann zwar die Boje mit dem Cylinder heben und senken, es wird diese Bewegung aber der eines Cylinders gleichen, bei welcher der Kolben — hier die im Cylinder stehende Wassersäule, unbeweglich ist. Etwas oberhalb des ruhigen Wasserspiegels ist die Röhre durch eine horizontale Wand in zwei Theile getrennt. In dem oberen Raume befinden sich drei enge Röhren. Die beiden äusseren sind durch Ventile geschlossen, die mittlere trägt oben eine Pfeife. Wenn nun die Boje sich hebt, so entsteht unterhalb der horizontalen Wand ein luftverdünnter Raum, die Ventile der äusseren Röhren öffnen sich und es strömt von Aussen Luft in den Cylinder. Senkt sich die Boje, so schliessen sich die Ventile und die eingesogene Luft wird durch die mittlere Röhre ausgepresst und erzeugt einen Ton auf der Pfeife. Es sollen schon Wellen von etwa $0^{m},15$ Höhe ausreichen um einen 5 bis 7 Seemeilen weit hörbaren Ton hervorzubringen, doch liegen sichere Beobachtungen über die Brauchbarkeit der Boje zur Zeit noch nicht vor.

Literatur.

L. Reynaud. Memoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France. Paris 1864.

Alan Stevenson. Rudimentary treatise on the history, construction and illumination of lighthouses. London 1850.

J. van Ronzelen. Beschreibung des Baues des Bremer Leuchtthurmes. Bremerhafen 1857.

A. Friedmann. Officieller Ausstellungsbericht über das Marinewesen auf der Wiener Weltausstellung. Wien 1874.

Thomas Stevenson. Die Illumination der Leuchtthürme mit einem Anhange von Chr. Nehls. Hannover 1878.

Anhang.

Ueber Weite und Höhenlage der Deichschleusen (Siele).

Nachtrag zum XIII. Capitel.

Von Baurath Professor **Garbe** in Hannover.

(Hierzu 2 Holzschnitte.)

Von grosser Wichtigkeit für die bedeichten Marschen ist die richtige Bestimmung der Weite und Höhenlage der Deichschleusen.

Auf die Weite der Seedeich-Siele haben namentlich folgende Umstände maassgebenden Einfluss:

1) Die abzuführende Wassermenge, welche durch die Grösse des Abwässerungsgebiets und die Niederschlagsmenge, unter Hinzurechnung des von der entfernteren Geest zufliessenden Wassers, bestimmt wird; vergl. Cap. XII, § 19.

2) Die Höhenlage der Marsch und insbesondere der niedrigsten Grundstücke derselben, durch welche (unter Berücksichtigung der Culturart der Ländereien) der im Binnentiefe zulässige, kurz vor dem Aufgange des Siels eintretende höchste Wasserstand (sogen. Stauspiegel oder Polderpegel) bestimmt wird, welcher letztere wiederum maassgebend für die Zeitdauer der Ausströmung oder des sog. Siel- oder Schleusenzuges innerhalb einer Tide ist. Das Siel öffnet sich, sobald die Ebbe bis zu diesem Wasserstande abgefallen ist, mithin um so früher, je höher derselbe liegt; es erfolgt eine allmähliche Senkung des Binnenwassers, wodurch sich im Binnentiefe ein erhebliches Gefälle ausbildet und kurz vor dem Zugange des Sieles (einige Zeit nach dem Wiedereinsetzen der Fluth) der niedrigste Stand, der sogen. Binnen-Ebbespiegel, eintritt. Der letztere wird hauptsächlich beeinflusst durch den Niedrigwasser- oder Ebbespiegel aussen vor dem Siele. Die Wassermenge, welche während des geschlossenen Zustandes des Sieles dem Binnentiefe aus dem Abwässerungsgebiete zufliesst, hebt den Binnen-Ebbespiegel wieder allmählich zum Stauspiegel und ist also gleich dem von diesen beiden Wasserständen begrenzten cubischen Inhalte der Wasserzüge. Je tiefer die Grundstücke und der durch dieselben bestimmte zulässige Stauspiegel liegen, um so kürzer wird die Abwässerungszeit sein, um so grössere Durchflussquerschnitte muss also das Siel gewähren und um so weiter müssen bei dem geringen Höhenunterschiede zwischen Stau- und Ebbespiegel die Wasserzüge sein, damit die Wassermenge trotz der längeren Zeit des geschlossenen Sieles von ihnen gefasst werden könne. Dieser ungünstige Zustand der tief gelegenen Grundstücke mit niedrigem Binnenstande wird noch dadurch verschlechtert, dass das Siel um so leichter bei Ebben, welche wegen widriger Winde oder hohen Oberwassers nicht bis zur gewöhnlichen Tiefe abfallen, während einiger Tiden ganz geschlossen bleibt. — Die Zeitdauer des Sielzuges wird auch dadurch oft erheblich vermindert, dass der Ebbespiegel des Binnentiefs im

Interesse der Schiffahrt nur bis zu einer gewissen Tiefe gesenkt wird, indem die Ebbethore bei dem Eintritt dieses Standes, also noch während der Ebbe, geschlossen werden; in den Niederlanden bildet dieses Verfahren bei den Binnentiefen der offenen Deichschleusen sogar die Regel und muss das Wasser der niedrig gelegenen Ländereien dann grösstentheils mittelst Schöpfanstalten in das als Busen dienende Binnentief gehoben werden. — Auf die Weite der Siele haben ferner noch Einfluss:

3) Die Länge des Aussentiefs bezw. der in diesem stattfindende Gefällverlust, welcher namentlich bei starkem Schlickfall und breiten Wattflächen so beträchtlich wird, dass der Ebbespiegel aussen vor dem Siele weit höher als im Recipienten bleibt, wodurch die Zeitdauer der Ausströmung und das in der Schleuse zur Wirkung kommende Gefälle (Druckhöhe) vermindert werden.

4) Die Tiefenlage der Schwelle, welche neben der Weite den zweiten Factor zur Berechnung des erforderlichen Durchflussquerschnitts bildet und namentlich von der im Aussentiefe stattfindenden Schlickablagerung, der Intensität der Abwässerung und der Möglichkeit, einen künstlichen Spülstrom zu erzeugen, abhängt.

5) Der Querschnitt und die Länge der Entwässerungszüge. Je weiter, tiefer und kürzer dieselben sind, ein um so geringeres Gefälle consumiren sie bei der Zuleitung des Wassers zum Siele, ein um so grösseres Gefälle bleibt demnach für das Siel verfügbar. Ein langgestrecktes Abwässerungsgebiet, an dessen oberem Ende noch niedrige Grundstücke liegen, ist daher besonders ungünstig, dagegen ein grosses Sammelreservoir binnen vor dem Siele (Kolk oder erweitertes Binnentief) besonders wirksam.

Hiernach bedarf es keines besonderen Nachweises, dass Angaben, wonach auf 1^m Sielweite oder $1\square^m$ des zwischen Binnenwasser und Schwelle entstehenden Durchflussquerschnitts eine bestimmte Fläche des Abwässerungsgebiets zu rechnen ist, nur für diejenigen beschränkten Localverhältnisse, aus denen jene Angaben abgeleitet sind, zutreffende Resultate liefern können.

Hunrichs[1]) rechnet für die oldenburgischen Wesersiele bei mittlerer Höhenlage der Grundstücke von 1,5 bis $1^m,9$ über Aussen-Ebbespiegel pro $\square^m$ Durchflussquerschnitt 300^{Ha}. Buchholz[2]) rechnet für Schleusen auf 1^m Weite, deren Schwelle $0^m,6$ unter dem niedrigsten Wasserstande vor dem Siele liegt, 270^{Ha} hoher Grundstücke oder 144^{Ha} Grundstücke bei ungünstigen Verhältnissen. Storm Buysing giebt an, dass bei 400 Poldern die Weite für je $1000^{Ha} = 1$ bis 9^m, durchschnittlich zwischen 2 bis 4^m beträgt.

Lahmeyer[3]) liefert für die Marschen der Unterelbe eine nachfolgend im Auszuge mitgetheilte Tabelle, in welcher zwar die Höhenlage der Grundstücke Berücksichtigung findet, aber die sehr unbestimmte Voraussetzung gemacht wird, dass die Schleusenschwelle mindestens $0^m,58$ unter gewöhnlichem Ebbespiegel liegen solle.

Grösse der abzuwässernden Fläche.	Hohe Ländereien. Siel $4^1/_2$ Stund. offen, 8 Stund. geschlossen. Druckhöhe $7,3^{cm}$.	Mittelh. Ländereien. Siel $2^1/_2$ Stund. offen, 10 Std. geschlossen. Druckhöhe $6,1^{cm}$.	Niedrige Ländereien. Siel 2 Stund. offen, $10^1/_2$ Std. geschlossen. Druckhöhe $4,9^{cm}$.	Niedrigst. Ländereien. Siel $1^1/_2$ Stund. offen, 11 Std. geschlossen. Druckhöhe $3,6^{cm}$.
525^{Ha}	$0^m,63$ weit	$1^m,0$ weit	$1^m,24$ weit	$1^m,95$ weit
1050^{Ha}	$0^m,9$ „	$1^m,5$ „	$2^m,2$ „	$3^m,5$ „
2100^{Ha}	$1^m,3$ „	$2^m,5$ „	$3^m,8$ „	$5^m,2$ „
3150^{Ha}	$1^m,6$ „	$3^m,1$ „	$4^m,8$ „	$6^m,3$ „

Welche Unterschiede bei benachbarten Sielen sich zeigen, geht aus der nachstehenden Tabelle von Sielen der holländischen Provinz Groningen hervor, bei denen die Schlagschwellen zwischen

[1]) Hunrich's Deich-, Siel- und Schlengenbau. 1. Bd. Bremen. 1770. (Ausführlichstes älteres Werk über Siele.)

[2]) Buchholz, Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. Hannover. 1829.

[3]) Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. III. Bd. 1857.

$0^m,8$ über Aussen-Ebbespiegel bis $3^m,56$ unter Aussen-Ebbespiegel liegen und auf den $\square^m$ Durchflussöffnung 488 bis 2090^{Ha}, durchschnittlich etwa 1000^{Ha}, kommen.

Namen der Schleusen.	Weite. m	Höhe der Schwelle über Aussen-Ebbe. m	Höhe der Schwelle unter Aussen-Ebbe. m	Polder-Pegel über Aussen-Ebbe m	Durchflussquerschnitt unter Polder-Pegel. $\square^m$	Fläche des Polders. Ha	Fläche pro $\square^m$ Durchflussöffnung. Ha
1. Zoutkamp 1 Schiffsöffnung 9^m, 4 bedeckte Oeffnungen à 5^m	29	—	3,56	0,52	118,32	73 700	623
2. Hunsingo zu Zoutkamp . .	8	—	2,095	0,62	21,72	24 200	1114
3. Noordpolder	3,55	0,35	—	1,71	4,83	3 566	738
4. Oostpolder	4,6	0,83	—	1,89	4,88	4 925	1009
5. Vierburen	2	0,8	—	1,36	1,12	1 648	1471
6. Emscanal zu Delfzyl . . .	10,5	—	3,18	2,12	55,65	89 100	1601
7. Duurwold	8	—	1,75	0,22	15,76	22 100	1402
8. Osterdum	4	—	0,58	0,15	2,92	1 595	546
9. Fimelschleuse	5	—	0,68	0,42	5,50	3 700	673
10. Reiderland, 2 Oeffnungen à 4^m	8	—	0,69	0,59	10,24	5 000	488
11. Neues Statensiel	8,5	—	1,72	1,28	25,5	53 300	2 090

In der Provinz Hannover sind 358 Siele für eine durch Winterdeiche geschützte Fläche von 312000^{Ha} vorhanden.

Die Berechnung der Sielweite vermag nur allein einen sicheren Aufschluss zu geben, obgleich dieselbe wegen der ungleichförmigen Bewegung des Wassers nur Näherungswerthe, die jedoch für die Praxis völlig ausreichen, liefern kann; dieselbe erfolgt in nachstehender Weise:

1) Es wird die dem Binnentiefe pro Secunde zufliessende Wassermenge q ermittelt, welche in den deutschen und holländischen Marschen gewöhnlich unter Zugrundelegung einer in den Frühjahrsmonaten nach Abzug der Verdunstung übrigbleibenden monatlichen Niederschlagshöhe von 6 bis 12^{cm} oder von 2 bis 4^{mm} täglich $= 0,023$ bis $0,046$ kb^m pro $\square^{Km}$ (100^{Ha}) und Secunde bestimmt wird. Diese durchschnittliche tägliche Niederschlagshöhe von 2 bis 4^{mm} ist allerdings nicht bedeutend, so dass bei heftigem Regen, namentlich in den Sommermonaten, leicht höhere Wasserstände in den Entwässerungscanälen während kurzer Zeit eintreten können, die jedoch nur selten Nachtheile hervorrufen; Lahmeyer nimmt für die Elbmarschen eine abzuführende Niederschlagshöhe von $8,1^{cm}$ monatlich $= 2,7^{mm}$ täglich an. Bei genauerer Berechnung ist das Binnentief in mehrere Längenabschnitte zu zerlegen und für jeden Abschnitt die entsprechende Wassermenge $q_1\, q_2 \ldots$ nach den Flächen zu berechnen.

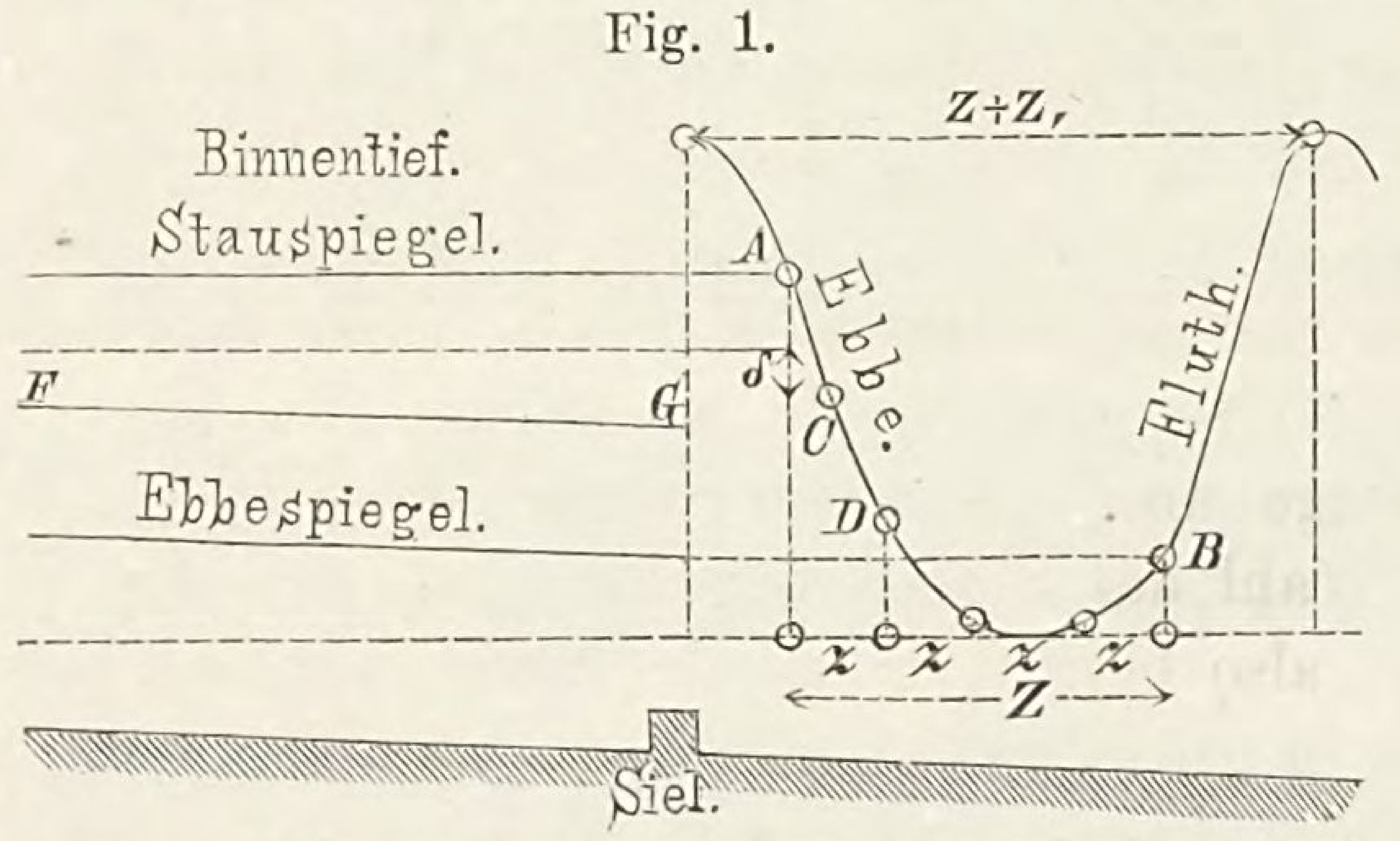
2) Aus dem Längennivellement und den bekannten oder vorläufig anzunehmenden, nach dem Siele hin sich möglichst erweiternden Querprofilen des Binnentiefs ist der Stauspiegel zu bestimmen; derselbe wird je nach der Culturart und unter Berücksichtigung des etwa in den Zuggräben consumirten Gefälles 0,3 bis 1^m unter den niedrigsten Grundstücken angenommen und von diesen ausgehend das Gefälle desselben für jeden Abschnitt des Binnentiefs berechnet. Da sich der Stauspiegel bei geschlossenem Siele bildet, so ist die Wassermenge am Siele gleich Null und wächst nach oberhalb allmählich bis zum constanten Zufluss q im oberen Abschnitte; das Gefälle ist daher in der unteren Strecke ausserordentlich gering und nimmt nach oberhalb allmählich zu. Die Rechnung wird entweder nach den Gesetzen über ungleichförmige Bewegung, vergl. Gleichung 55, S. 266, geführt oder, indem von der Differenz der lebendigen Kräfte am Anfange und Ende jedes Abschnitts abgesehen,

also die Bewegung als gleichförmig angesehen wird, mittelst der einfacheren Gleichung $h = \frac{q^2 l p}{c^2 F^3}$, wobei die durchschnittlichen Werthe jedes Abschnitts eingesetzt werden.

3) In derselben Weise ist der Ebbespiegel des Binnentiefs zu berechnen. Man nimmt denselben am Siele vorläufig in derjenigen Höhe an, in der muthmasslich der Zugang der Thore erfolgen wird, d. h. gewöhnlich 0,2 bis $0^m,4$ über dem niedrigen Ebbespiegel aussen vor dem Siele, und ermittelt alsdann abschnittsweise nach den obigen Formeln das Gefälle, welches zur Abführung der im letzten Stadium des Sielzuges allein in Betracht kommenden constanten Zuflussmenge q_1 q_2 .. erforderlich ist.

4) Sodann ist die Fluthcurve des Aussenwassers unmittelbar vor dem Siele graphisch aufzutragen, wobei es sich empfiehlt, weniger tief abfallende Fluthcurven, wie sie gerade in den für die Entwässerung besonders wichtigen Frühjahrsmonaten bei ungünstigen Winden vorkommen, nach Beobachtungen zu Grunde zu legen. Aus dieser Fluthcurve ist die Zeit Z (zwischen den Punkten A und B der Fig. 1), während der das Siel geöffnet ist, sowie die Zeit Z_1, während der es geschlossen ist, zu bestimmen und sodann zu ermitteln, ob die während der letzteren Zeit am Abflusse gehinderte Wassermenge $Z_1 . q$ zwischen dem Stau- und dem Ebbespiegel des Binnentiefs, sowie der übrigen Wasserzüge (Zuggräben) gefasst werden kann.

Fig. 1.



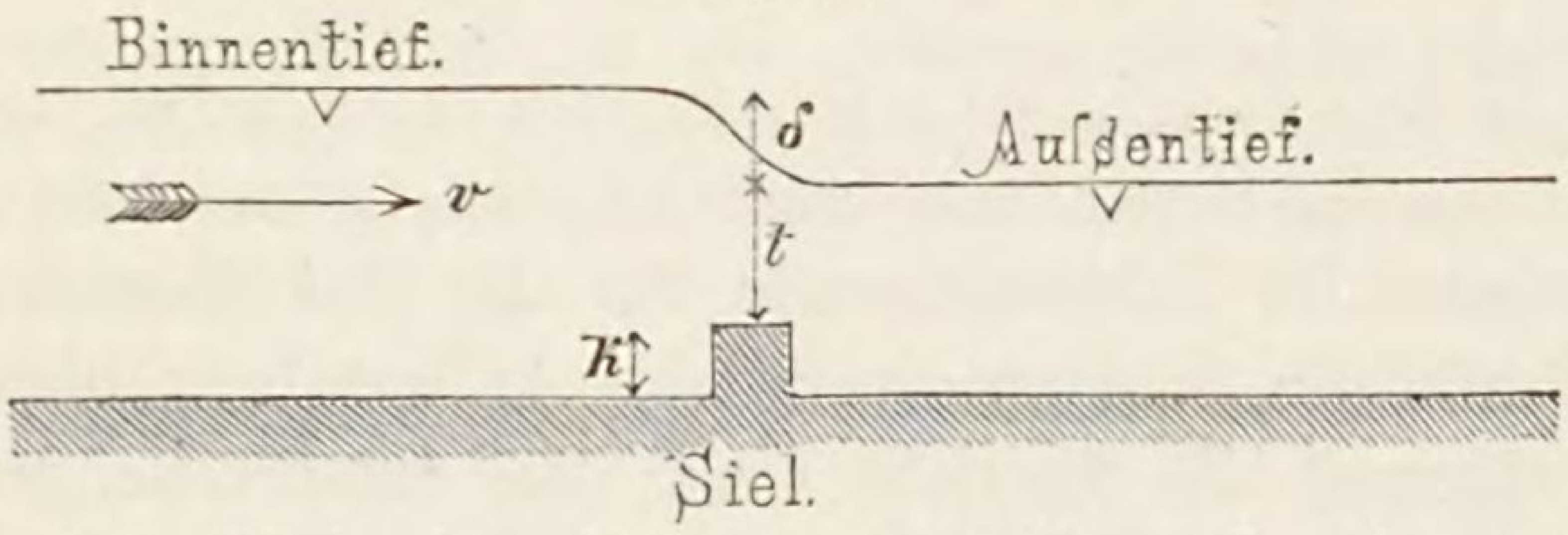
5) Hiernach ist unter Zugrundelegung eines vorläufig anzunehmenden Sielquerschnitts zu berechnen, ob das Siel im Stande ist, während der Zeit Z nicht allein die innerhalb derselben zufliessende Wassermenge Zq, sondern auch die vorher angesammelte Menge $Z_1 q$, mithin zusammen $(Z + Z_1) q$ abzuführen. Zu dem Ende wird die Zeit Z in eine grössere Anzahl von Theilen z (z. B. $= \frac{1}{2}$ Stunde) getheilt und die Annahme gemacht, dass der Aussenwasserstand während der Zeit z constant in derjenigen Höhe sei, in welcher sich derselbe in der Mitte derselben befindet, also nach dem Verlaufe der Zeit z plötzlich zu dem mittleren Stande der folgenden Periode z abfalle. Für das Binnenwasser wird gleichfalls die Annahme gemacht, dass dasselbe während der Zeit z in derjenigen Höhe constant bleibe, welche es in der Mitte derselben hat, indem dieser mittlere Wasserstand vorläufig geschätzt und eventuell nachträglich modificirt werden muss. Während der einzelnen Perioden z ist die Druckhöhe demnach constant $= \delta_1 \delta_2$, wobei δ am Anfange und Ende des Sielzuges am kleinsten und etwa nach Verlauf einer Zeit $\frac{Z}{3}$ nach dem Aufgange des Sieles am grössten ist. Aus dieser Druckhöhe δ ist die Wassermenge Q pro Secunde zu berechnen, indem das Siel als unvollkommener Ueberfall angesehen wird, so dass nach Dubuat pro Secunde

$$Q = \mu . b \left(\frac{2}{3} \delta + t\right) \sqrt{2g (\delta + h)} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 1.$$

worin bezeichnen: b Lichtweite des Sieles, t Höhe des Aussenwassers über der Schlagschwelle, und zwar beide im engsten Profile gemessen, $g = 9^m,81$, μ Ausflusscoefficient, welcher bei Sielen mit glatten Wänden, schrägen Flügeln, überhaupt günstigen Ein- und Auslaufverhältnissen und geringen Bewegungswiderständen = 0,85 bis

0,95, bei Ständersielen und Sielen mit weniger günstigen Ein- und Auslaufverhältnissen = 0,7 bis 0,85 anzunehmen ist.

Fig. 2.



h bezeichnet die Geschwindigkeitshöhe des zufliessenden Wassers

$$= \frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2}{2gB^2(t+k+\delta)^2},$$

falls B mittlere Wasserbreite im Binnentiefe, gewöhnlich $2b$ bis $2\frac{1}{2}b$, und k Tiefe desselben unter Schlagschwelle, gewöhnlich $0^m,3$.

Auch d'Aubuisson's Formel, bei Berechnung von Brückenweiten vielfach gebraucht,

$$\delta = \frac{v_0^2 - v_u^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2 b^2 t^2} - \frac{1}{B^2(t+k+\delta)^2}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 2.$$

kann zur Berechnung von Q benutzt werden, sowie ferner Lesbros' Formel

$$Q = \mu b(t+\delta)\sqrt{2g(\delta+h)}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 3.$$

in welchen der Coefficient μ jedoch etwas kleiner als bei Anwendung der Formel 1. zu wählen ist.

Da Q pro Secunde durch das Siel abfliesst, q dem Binnentiefe zufliesst, so erfährt die angesammelte Wassermenge eine Abnahme $z\,(Q-q)$, aus welcher unter Benutzung der Querprofile der Canäle der Wasserstand FG am Ende der ersten Periode zu berechnen ist. In gleicher Weise wird für die zweite und die folgenden Perioden z die abfliessende Wassermenge und aus dieser wieder die Senkung des Binnenstandes ermittelt; bei richtiger Wahl des Sielquerschnitts muss sich der Binnenstand am Ende der letzten Periode, also beim Zugange des Sieles, bis zum Ebbespiegel gesenkt haben; bleibt derselbe in grösserer Höhe, so ist der Querschnitt zu klein, fällt derselbe unter den projectirten Ebbespiegel hinab, so ist er zu gross gewählt und muss die Rechnung alsdann nach Modification des Querschnitts wiederholt werden.

Für überschlägliche Berechnungen verdient an Stelle des oben unter 5) mitgetheilten das folgende abgekürzte Verfahren den Vorzug: Es wird das arithmetische Mittel aus den während der Zeitdauer Z des Sielzuges aussen vor dem Siele in regelmässigen Zwischenräumen beobachteten Wasserständen ermittelt und die Voraussetzung gemacht, dass dieser mittlere Stand während der Zeit Z constant sei und auch im Siele eine constante Druckhöhe δ consumirt werde. Ist t die Tiefe der Sielschwelle unter jenem mittleren Aussenwasser, Q die durchschnittlich pro Secunde abfliessende Wassermenge $= q\,\frac{(Z+Z_1)}{Z}$, so ist

aus Formel 1. $\quad b = \dfrac{Q}{\mu\left(\frac{2}{3}\delta + t\right)\sqrt{2g(\delta+h)}}$

oder aus Formel 2. $\quad b = \dfrac{Q.B.(t+k+\delta)}{\mu.t}\sqrt{\dfrac{1}{2g\delta B^2(t+k+\delta)^2+Q^2}}$.

Die Druckhöhe δ ist in Rücksicht darauf, dass sie zur Zeit des stärksten Sielzuges doch noch auf das Doppelte wächst, zur Verhütung von übermässigen Geschwindigkeiten und dadurch veranlassten Auskolkungen bei sehr hohen Grundstücken bis höchstens 15^{cm} anzunehmen; bei sehr niedrigen Grundstücken ist sie aus Vorfluthrücksichten bis auf 3^{cm} zu ermässigen.

Die Weite der Flussdeichsiele ist in ähnlicher Weise zu bestimmen; die im Frühjahre nach lang andauerndem Hochwasser im Binnenlande sich ansammelnde, oft durch Qualmwasser in solchem Maasse vermehrte Wassermenge, dass grosse Flächen tief unter Wasser stehen, ist durch Peilungen oder aus Nivellements zu ermitteln und deren Abführung unter Hinzufügung eines gleichzeitig stattfindenden Zulaufs q für einen aus den Localverhältnissen zu bestimmenden Aussenwasserstand in einer 8 bis 14tägigen Periode zu berechnen. Die in der Schleuse consumirte mittlere Druck-

höhe ist hierbei, je nachdem die Grundstücke mehr oder weniger günstig situirt, zu 15 bis 5^{cm} anzunehmen.

Zur Verminderung des so überaus nachtheiligen Kuverwassers sind die Entwässerungsgräben thunlichst nicht bis in den sandigen Untergrund auszuheben und insofern dies nicht zu vermeiden, mit Klai wenigstens $0{,}15^{cm}$ stark auszufuttern; bei geringerer Tiefe muss die Breite um so grösser werden.

In vielen Fällen wird der Einfluss der Schleusenweite auf die Entwässerung der Grundstücke überschätzt und deshalb die Schleusenweite mit Aufwendung übermässiger Kosten zu gross gewählt, während die Sieltiefe nicht den entsprechenden Querschnitt bieten; der durch das weite, kostspielige Bauwerk erzielte Gewinn an Gefälle geht dann oft in mehrfachem Betrage durch die Sieltiefe verloren. Bedeckte Siele werden in Rücksicht auf die schwierigere Herstellung nicht gern über 4^m und selten über 6^m weit erbaut; ist eine grössere Weite erforderlich, so werden entweder mehrere durch Mittelwände getrennte Oeffnungen oder zur leichteren Ausführung von Reparaturen mehrere Siele neben einander mit gemeinschaftlichen Sieltiefen hergestellt; wegen der geringeren Bewegungswiderstände leistet ein Siel von 6^m Weite mehr als 2 von je 3^m Weite. Offene Siele sind selten weiter als 10^m. Zu Zoutkamp, Provinz Groningen, befindet sich z. B. eine gleichzeitig für Schifffahrt und Entwässerung dienende offene Schleuse von 9^m Weite, und an jeder Seite derselben zwei überwölbte Siele von je 5^m Weite, also zusammen 5 Oeffnungen.

Die Tiefenlage des Bodens ist behufs Erzielung eines möglichst grossen Durchflussquerschnitts so niedrig zu wählen, als es in Rücksicht auf die Freihaltung des Aussentiefs nur irgend möglich ist, indem die Gesammtkosten des Bauwerks verhältnissmässig nur wenig wachsen. Dieselbe sollte mindestens $0^m{,}5$ unter dem niedrigsten Aussenwasser bezw. dem Ebbespiegel vor dem Siele angenommen werden; grössere Seesiele, welche gleichzeitig von Schiffen benutzt werden, liegen wohl bis $3^m{,}5$ unter dem Aussen-Ebbespiegel.

Die Decke der hölzernen Siele wird gewöhnlich noch etwa $0^m{,}8$ über den höchsten Binnenwasserstand gelegt, um auch während desselben mit einem kleinen Kahne Untersuchungen am Siele vornehmen, die Noththore schliessen zu können u. s. w.; der Kämpfer der gewölbten Siele wird aus gleichem Grunde und um den Durchflussquerschnitt nicht zu beengen, in die Höhe jenes Wasserstandes oder wenigstens nicht erheblich tiefer gelegt. Damit die Thore nicht versacken, wird die Höhe der Siele nicht gern geringer als $^2/_3$ der Weite gewählt.

Ist die Schiffahrt von Bedeutung, so müssen auch die Weite, sowie die Höhenlage der Schwelle und Decke unter Berücksichtigung derselben bestimmt werden, namentlich muss bei dem niedrigsten Binnenwasser noch die erforderliche Tiefe vorhanden sein.

Literatur.

Mittheilungen von Lahmeyer im Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1854 und in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. III, S. 273; von Oppermann daselbst Bd. XII, sowie von Herschel in d. Zeitschr. f. Bauw., Bd. XXI.

Sachregister.

Aalrinne. 536.
Aaltreppe. 536.
Abbruch, unter Einwirkung von Wellen, Strömung und Fluth. 782.
Abfallbach. 305.
—boden. 849, 903.
—wasser, städtisches, Bewässerung mit demselb. 673.
Abflusscanal für Trockendocks. 1068.
Ablagerung unter Einwirkung von Wellen, Strömung und Fluth. 776.
— Reinigung des Wassers durch dieselbe. 56.
Ablagerungsbassin. 56, 74.
—bassin in Speisegräben. 428.
—platz. 549.
Ablasshahn. 104.
—leitung. 103.
—schleuse. 432.
—vorrichtung. 110.
Ablauf aus Hochreservoir. 137.
Ablaufgerüst. 1060.
Abschlussdamm der Massenreservoire. 385.
—mauer derselben. 386.
Absperrschieber. 160.
Accumulator. 110, 133.
Achterständer. 685.
Aequilibriums-Röhre. 61.
Aestuarien. 801.
Aichhahn. 113.
—thürmchen. 103.
Alluvion bei Buhnen. 465.
— bei Parallelwerken. 471.
Anker. 758.
Ankerboje. 1026.
—kette. 758.
—platz. 972.
Anlandebrücke. 1019.
— mit Ponton. 1022.
— ohne Ponton. 1021.
Anlandevorrichtung. 1018.
Anlegeplatz. 978.
Anschlusswerk bei Parallelwerken. 470.
Anschwellungen der Flüsse. 229.
Anstalten zur Hebung der Schiffe. 1073.
Apparat de Caligny. 964.
Apparate, optische, f. Leuchtthürme. 1126.
— Kosten der —. 1132.
— für Drehfeuer. 1130.
— für scheinbares Feuer. 1132.
— für festes Feuer mit Blinken. 1129.
— für festes Gürtelfeuer. 1128.
— für Richtfeuer. 1131.
— für Wechselfeuer. 1131.
Aquaduct. 103, 424, 429, 667.
Arbeiten, hydrometrische. 268.
Asphaltröhren. 194.
Atmidometer. 19.
Atmometer. 19.
Aufhalter. 691.
Aufkadung. 595.
Aufkastung. 595.
Auflanger. 759.
Aufschleppen der Schiffe. 1079.
Aufschlickung. 234.
Aufspeicherung des Wassers. 63.
Aufziehvorrichtung für Wehrschütze. 369.
Aufzug (Ladevorrichtung). 1006, 1013.
— für Schiffe. 979.
Aufzugskette für Wehrschütze. 369.
Auskolkung. 617.
Auslage. 597.
Auslasschleuse. 352.
Ausrüstungsbassin. 994.
Aussenberme. 583, 607.
—deich. 602.
—fleeth. 677.
—haupt. 851.
—tief. 600, 677, 679.
—vorsiel. 681.

Backbord. 771.
Bäche. 220.
Bagger.
—erde, Beseitigung der —. 1103.
—gut, Beseitigung. 1095.
—kübel, zweitheiliger. 1097.
—schiff. 1094.
Baggerung. 625, 821, 1093.
— in Flüssen. 448.
— bei Flussregulirungen. 516.
Bake. 1111.
—tonne. 1133.
Balance-Dock. 1073.
— -Steuer. 754.
Balje. 679.
Balkensiel. 684, 685.
Balkwäger. 760.
Banndeich. 569.
Bark. 756.
Barre. 815.
Barrung. 236.
Bassin. 64.

Bassinschleuse. 411.
Bathometer. 747.
Baukosten der Flusscanalisirung. 522.
— der Hafendämme. 1046.
— der Schiffahrtscanäle. 440.
Baxter-Boot. 324.
Becher, hydrometrischer. 291.
Bedachung der Hellinge. 1064.
Befestigung der Schiffe. 1026.
Beleuchtungsart der Leuchtthürme, dioptrische. 1126, 1127.
— katadioptrische. 1126, 1128.
— katoptrische. 1126.
Berieselung. 215.
— wilde. 669.
Beschlag der hölzernen Schleusenthore. 922.
Beschwerungsmaterial. 481.
Bespreutung. 608.
Bestick. 603.
Bestickung. 608.
Betonblock. 1048.
Betrieb d. Schiffahrtscanäle. 438.
Bett der Flüsse und Ströme. 231.
Bewässerung der Ländereien. 658.
Bewässerungscanal. 665.
Bewegung des Wassers in Flüssen, gleichförmige. 254.
— —, Theorie derselb. 253.
— —, ungleichförmige. 265.
— in geschlossenen Leitungen. 87.
— in offenen Leitungen. 83.
Bindeweide. 480.
Binnenberme. 583, 607.
—deich. 570, 599.
—entwässerung. 643.
—fleeth. 677.
—haupt. 851.
—schiffahrt. 298.
—seen, Schiffahrt auf denselben. 300.
—tief. 677.
—vorsiel. 681.
Bleirohre. 151, 160.
Blinkfeuer. 1122.
—, Sichtbarkeit desselb. 1126.
Blöcke, künstliche für Hafendämme. 1048.
Bober. 333.
Bohlen der Schleusenthore. 920.
—thor. 689.
Bohlwerk. 460, 494, 979, 1052.
Bohrbrunnen. 49.
Bohrmuschel. 744.
—wurm. 744, 1034.
Boje. 1026, 1133.
—, selbstthätige. 1140.
Bollwerk. 979.
Boot. 310.
Bootstreppe. 1019.
Bore. 806.
Boye s. Boje.
Brack. 597.
—wasser. 806.
Brandung. 699.
Bretterfloss. 302.
Brigg. 757.
Brittelkette. 333.
Brückcanal. 424.
Brücken, Berechnung der Anstauung vor —. 344.
—, bewegliche bei Sielen. 680.
—, fliegende. 333.
— in Leinpfaden. 523.
— mit Nadelwehr verbunden. 378.
— über Schiffahrtscanäle. 425.
— in Verbindung mit Schleusen. 967.
— an Wehren. 366.
—klappe. 1022.
Brunnen. 46.
—, artesische. 52.
—kammer. 43, 104.
—kranz. 47.
—schale. 50.
—schling. 47.
—stube. 43, 104.
—zoll. 292.
Brustmauer der Molen. 1037.
Brustwehr. 979.
Buchtnachen. 319, 333.
Bugspriet. 756.
Buhnen. 459.
— allgemeine Anordnung. 461.
— Construction. 494.
— aus Faschinen. 495.
— aus Senkfaschinen. 497.
— aus Stein. 497.
— Vortheile und Nachtheile. 476.
— Wirkung der —. 468.
Buhnenkammer. 485.
—körper. 494.
—kopf. 496.
—krone. 465, 495.
Buhnenpfahl. 481.
Busen. 645, 677, 1142.

Cabeo'scher Stab. 290.
Caisson. 939.
Caligny'scher Apparat. 964.
Calmen. 725.
Canal.
—bau, Geschichte desselb. 391.
—boot, schnellfahrendes. 312.
—brücke. 424.
—hafen. 419, 433.
Canalisation der Städte. 174.
Canalisirung der Flüsse. 310, 519.
Canalmündung. 180.
—schiff. 310.
— — normale Tragfähigkeit. 401.
—schleusen, Hauptformen. 408.
— —, normale Länge. 403.
— —, normale lichte Weite. 403.
—sperre. 438.
—tunnel. 424.
—wasser, Beseitigung desselben. 213.
Cementröhren. 194.
Circulationssystem. 116.
Colmation. 561, 652.
Colmationsdamm. 657.
—schleuse. 657.
Compensations-Reservoir. 68, 112.
Consumtions-Curve. 244.
— -Messer. 291.
— -Messung. 291, 623.
— — durch Berechnung der Wassermenge. 295.
— — im Fluthgebiet. 810.
Coupirung. 459, 500.
Cünette. 666.
Cyclonen. 729.
—welle. 736.

Daboll-Horn. 1138.
Dammbalken. 370.
—falz. 851, 917.
Dampfschiffahrt. 321, 763.
Dampf-Sirene. 1139.
Darcy'sche Röhre. 280.
Darg. 600, 781.
Davit. 761.
Deckwerke aus Faschinen. 492.
— aus Senkfaschinen. 493.
— aus Stein. 494.

Deich. 559, 568.
—basis. 587.
—bruch. 596, 616.
—defension. 594.
Deichgenossenschaft. 619.
—höhenstein. 620.
—kappe. 581, 604.
—lücke. 587.
—ordnung. 620.
—rampe. 586, 612.
—schauung. 619.
Deichschleuse. 677. s. auch Siele.
— offene. 680.
— offene, massive. 689.
Deichstatut. 620.
—verband. 619.
—vertheidigung. 594, 616.
Delphin. 106.
Delta. 237.
Deplacement. 315.
Desinfection des Canalwassers. 214.
Deviationsboje. 763.
Dichtung der Schiffahrtscanäle. 435.
Directionsfeuer der Leuchtthürme. 1124.
Dock. 979, 992.
—bassin. 992.
— — Verwendung desselben zur Spülung. 1086.
—hafen. 976, 979, 998.
—haupt. 1069.
—, hydraulisches. 1075.
—schleuse. 849, 855.
—, schwimmendes. 1073, 1074, 1080.
—verschluss. 1069.
Dodge-Schleuse. 335.
Doppelfeuer der Leuchtthürme. 1123.
—muffe. 156.
—schleuse. 409, 850.
—thor. 935.
Drängwasser. 645.
Drainage. 44, 626.
— Ausführung derselben. 637.
Drainbesteck. 637.
—bewässerung. 671.
Drainirung der Städte. 174.
Drainröhren. 630.
— —presse. 631.
Drehbaum. 949.
—feuer d. Leuchtthürme. 1122.
— — Sichtbarkeit desselb. 1126.
Drehklappe. 954.
—pfosten der Spülschleusen. 1088.
— — an Stauwerken. 371.
—schütz. 956.
Drehthore d. Schleusen, eiserne. 926.
— der Schleusen, hölzerne. 919.
— als Stauwerke. 371.
Drempel. 848, 893, 902.
—, falscher. 902.
—anschlag. 851.
—dreieck der Schleusen. 893.
— — der Siele. 690.
Driftströmung. 722.
Drosselklappen, Druckhöhenverlust durch —. 93.
Druckhöhe, wirksame in geschlossenen Leitungen. 87.
—leitung. 98.
—regulator. 122, 133.
—probe. 154.
—verlust. 88.
—windkessel. 134.
—zone. 118.
Dücdalbe. 1027.
Düker. 202, 432.
Dünen. 780.
—cultur. 796.
—pflanzen. 799.
—schutzwerk. 792.
Dünung. 698.
Durchdeichung. 597, 618.
—fahrt. 586, 612.
Durchgangsreservoir. 132.
Durchlässe der Schiffahrtcanäle. 432.
Durchschnittsprofil. 241.
Durchstich. 503, 560.
— -Canal. 505.

Ebbe und Fluth. 706.
— — Ursachen derselben. 707.
Ebbedeich. 599.
—strom. 805.
—thore der Siele. 687.
Eckbauten der Buhnen. 495.
Eichung, Wassermessen mittelst —. 291.
Eimerkettenbagger. 1097.
Eindeichung. 445.
Einfahrt der Flusshäfen. 514.
— der Seehäfen. 985.
— der Schleusen. 914.
Einlagbalken. 370.
Einlage. 597.
Einlasscanal für Trockendocks. 1068.
—schleuse. 352, 666.
Einmündung von Nebenflüssen. 511.
— der Schiffahrtscanäle in Flüsse. 419.
Einschränkungswerk. 489.
Einsteigeschacht. 200, 203.
— der Rohrleitungen. 103.
Eintrittscoefficient. 89.
Eis. 238.
—feld. 239.
—schutz. 239.
—stopfung. 239.
— — Beseitigung derselb. 517.
—versetzung. 239.
Entlastungsanlagen der Schiffahrtscanäle. 430.
—graben. 428.
Entleerungsrohr. 138.
Entwässerung.
— ausgedehnter Flächen. 639.
—, künstliche der Niederungen. 645.
— der Ländereien. 624.
—, natürliche der Küstenmarschen. 643.
— der Städte. 171.
Entwässerungsanlagen bei Flusscanalisirungen. 532.
—canal. 644.
Entwässerungscanäle, städtische allgemeine Anordnung des Canalnetzes. 180.
— — Ausführung derselb. 194.
— — Dimensionen des Canalprofils. 183.
— — Einläufe. 207.
— — Form d. Canalprofils. 183.
— — Fundirung. 196.
— — Gefälle. 177.
— — Höhenlage. 177.
— — Kreuzung mit Gas- und Wasserleitungen. 201.
— — Sammelgebiet. 182.
— — Sohlengefälle. 178.
— — Ventilation. 212.
— — Vereinigung derselb. 199.
Entwässerungsgebiet, städtisches. 174.
—gräben. 626.
—maschine. 647.
—schleuse. 644.

Evaporometer. 19.
Expansionsmuffe. 156.
Eytelwein'sche Formel. 255.

Fabrikcanal. 97.
—weiher. 63.
Fachbaum. 351.
Façonstücke der Rohrleitungen. 156.
Fächerschleuse. 850.
—thor. 869, 935, 936.
Fähre. 331.
Faden. 694.
Fahrloch. 159.
Fahrrinne. 226, 447.
— Aussteckung derselb. 518.
Fahrtzeichen. 519.
Fahrwasser. 972.
— —-Tonne. 1133.
Falle. 363, 367.
Fallkessel. 432.
—rohr. 132.
Fangdamm für Häfen. 1085.
—graben. 670.
—rechen. 305.
Faschine. 480.
Faschinenmesser. 482.
—wurst. 482.
Fender. 970.
Feuer der Leuchtthürme, festes. 1122.
— — Sichtbarkeit desselben. 1126.
— —, festes mit Blinken. 1122.
— — Sichtbarkeit desselb. 1126.
— — tauchendes. 1124.
— — unterbrochenes. 1122.
Feuer, scheinbares. 1125.
Feuerschicht. 1134.
Filter mit verticalen Schichten. 57.
—bassin. 62, 74.
—bett. 59.
—brunnen. 50.
—gallerie. 43.
—gang. 52.
—rohr. 44.
—sand. 59.
Filtration, natürliche. 37.
Filtrationsgeschwindigkeit. 62.
Fischerhafen. 973, 975.
Fischpass. 535.
Flanschenverbindung. 156.
Flechtband. 482.
—zaun. 482.
Flechtzaun, Materialbedarf. 491.
— Anwendung bei Wildbächen. 545.
Fleek. 609.
Fleeth. 434, 644, 1081.
Flügel, hydrometrischer. 282.
— — mit electromagnetischem Zählapparat. 284.
Flügeldamm. 987.
— für Häfen. 1085.
Flügeldeich. 570
—mauern der Schleusen. 916.
—spundwand. 888.
Flösserei. 301.
—anlagen. 303.
Floss. 301.
—canal. 304.
—durchlass. 303, 305.
—gasse. 303.
—hafen. 306, 514.
Flotthafen. 979.
Flügeldeich. 584.
Flüsse, allgemeine Eigenschaften. 220.
— Bewegung des Wassers in denselb. 240.
— Längennivellement. 270.
— Längenprofil. 270.
Flussbett. 231.
— im Fluthgebiet. 813.
— Vertiefung desselben. 513.
Flusscanalisirung. 519.
— — Leinpfade. 523.
— — Seitencanäle. 522.
Flussdeich. 569.
Flussdeiche, Herstellung. 587.
— Lage. 575.
— Querprofil. 579.
— Unterhaltung. 592.
Flusseinmündung. 511.
—gebiet. 221.
—hafen. 514.
—inventarium. 518.
—krümmung. 236.
— — Beseitigung derselb. 443.
—schiffe. 310.
— — Vermessung derselb. 315.
—schnelle. 512.
—spaltung. 237, 509, 814.
— — Beseitigung derselb. 443.
Flusswasserversorgung, Anlagen für — 105.
Fluth. 706.
—, säculare. 719.
—curve. 707, 716, 1144.
Fluthdeich. 599.
—grenze. 805.
—grösse. 706, 713.
—intervall. 706.
—periode. 706.
—strom. 805.
—wechsel. 706.
—welle. 707.
— — der Flüsse. 231.
— — im Flusse. 804.
Focksegel 755.
Fontainenbassin. 68.
Fregatte. 756.
Freiarche. 352.
Fuhrt. 235.
Funkelfeuer. 1122.
Fuse. 519.
Futtermauer. 460, 494.

Gaffelsegel. 755.
Galler. 303.
Gangbord. 329.
—spill. 1030.
Gebinde d. hölzernen Siele. 683.
Gebirgsfluss. 221.
—, Gefälle. 554.
—, Regulirung. 551.
Gebrauchswasser. 175.
Geest. 569.
Gefälle der Canalschleusen. 408.
— der Flüsse. 224.
Gefällverlust. 88.
Gefahrdeich. 570.
Gegenreservoir. 68, 125.
—thor. 850, 876.
Gericht d. hölzernen Siele. 684.
Gerinne. 100.
Gerölle. 233.
Geschiebe. 233.
Geschwindigkeit des Wassers der Flüsse. 225.
— — in einem Flussprofil. 244.
— —, mittlere in einer Profil-Verticalen. 249.
— —, mittlere in Rohrleitungen. 87.
— — in einer Stromstrecke. 252.
Geschwindigkeits-Formeln, Anwendung der — bei Bestimmung von Normalprofil-Breiten. 454.
Geschwindigkeitsformeln, älteste. 255.
— — ältere. 256.
— — neuere. 257.

Geschwindigkeits-Messung. 278.
Gestör. 301.
Gezeit. 706.
Gletscherbach. 220
Glockenboje. 1140.
Giernachen. 333.
Gosse. 171.
Graben. 95, 100.
Gracht. 434, 1081
Griesholm. 365:
—pfeiler. 363, 364.
—säule. 365.
Grobfilter. 57.
Grodendeich. 599.
Grundablass. 340, 354.
— Berechnung der Anstauung 346.
Grundbalken. 890.
—bruch. 596, 617.
—eis. 238.
—schwelle. 459, 467, 498.
Grundwasser, Abführung durch städtische Entwässerungscanäle. 211.
— Bewegung. 24.
— Entstehung. 22.
— -Profil. 26.
— -Versorgung. 39.
Grundwehr. 339.
— Berechnung der Anstauung. 343.
Grundwelle. 700.
Gürtelfeuer. 1123.
Gurtwiede. 302.

Hahn, Druckhöhenverlust. 93.
Hafen, offener. 976, 977, 994.
— geschlossener. 977.
Hafenbassin. 990.
—dämme. 979.
— — Ausführung. 1046.
— — Construction. 1031, 1035.
— — durchsichtige. 1044.
— — der Flusshäfen. 514.
— — Profil. 1032.
Hafeneinfahrt. 985.
—feuer. 1125.
—kopf der Flusshäfen. 514.
—mündung. 986.
—strasse. 986.
—zeit. 707, 715.
Haff. 779.
Hahnenkammer. 139.
Halbtidedock. 855.
Halbtidehafen. 976, 979, 992.
Halsband. 943.
Haltepfahl. 330, 1029.
Haltetau für Sinkstücke. 488.
Handelshafen. 975.
Hangbau. 670.
Harrelpfosten. 690.
Haspel für Wehrschütze. 370.
Hauptdeich. 569.
—marke. 1108, 1109.
—radius mittlerer. 241.
—reservoir. 65.
—rohrstrang. 142.
—siel. 681.
—speisegraben. 427.
Hausleitungen f. Entwässerungscanäle. 209.
—reservoir. 65, 113.
—wasser. 27.
Heberanlagen. 137.
Heberrohr. 103.
Hebung v. Baumstämmen. 517.
Hebung der Schiffe behufs Reparatur. 1073.
Heger. 235.
Helling. 763, 979, 1060.
Helmholz. 771.
Hinterboden. 852.
—pfeiler. 908.
—steven. 759.
Hochreservoir. 64.
— Anschluss an die Rohrleitung. 136.
— Lage. 111.
Hochwasser. 223.
Höft. 459
Holophotal-Licht. 1131.
Holzrohre. 151.
Horizontalgeschwindigkeits-Curve. 251.
— —gesetz. 250.
Hürde. 609.
Hydrant. 160.
Hydrographie. 221, 745.
Hydrometer. 275, 279.
Hydrometrie. 268.
Hyetometer. 10.

Incrustation. 144.
Infiltrationsmesser. 18.
Inholz. 759.
Insel. 237.
Inundation. 229.
Inundationsgebiet. 444.
—grenze. 269.
Inwieke. 434.
Isorachrien. 708.
Isotacheen. 252, 296.

Jochrechen. 304.

Kabel. 619.
Kaff. 313.
Kahn. 310.
Kai, schwimmender. 1023.
Kaimauer. 979.
— Ausführung. 1054.
— Construction. 1053.
Kajedeich. 613, 692.
Kajung. 979.
Kaliberhahn. 161.
Kammerschleuse. 848, 849, 856.
— — Erfindung der—. 309.
— — bei Flusscanalisirungen. 526, 530, 534.
— — bei Flussschnellen. 514.
Kanal s. Canal.
Kap. 1111.
Kappstürzung. 605, 617.
Kasten zur Verladung v. Steinkohlen. 1016.
Kavel. 619.
Keilspitt. 591.
Kesselschleuse. 411, 850, 904.
Kettenschleppschiffahrt. 324.
Keuter. 304.
Kiel. 759.
—block. 1067, 1071.
—holplatz. 1065.
—schwein. 759.
Kies. 233.
—bank. 552.
Kimme. 759.
Kimmschlitten. 1067, 1071.
Kippvorrichtungen zur Verladung von Steinkohlen. 1015.
Klaibalken. 890.
Klappenwehre. 380, 381.
— mit Gegenklappen. 381.
Klappthor. 869, 935, 937.
Klaspe. 690.
Klause. 304
Klausenhof. 304.
Klotzschwimmer. 279.
Knieröhren, Druckhöhenverlust in —. 92.
Knoten. 694.
Körwasser. 572.
Königspfahl. 1027.
—stück. 894.

Koffer der Senkfaschinen. 489.
Kohlenfilter. 57.
—hafen. 975.
—station. 973, 975.
Kolk. 235, 597.
Koog. 601.
Kopf. 235.
— der Buhnen. 464, 494.
Koppelschleuse. 850.
Kosten s. Baukosten.
Krahn. 1006.
Krahnvorrichtung zur Verladung von Steinkohlen. 1016.
Kratzmaschine s. Stromkratzmaschine.
Krautung. 625.
Kreiselbagger. 1101.
Kreislauf des Wassers. 7.
Kribbe. 459.
Kriegshafen. 973, 975, 994.
Kronlage. 486.
Krückeisen. 924.
Krümmung der Röhren, Druckhöhenverlust durch —. 92.
Kübelbagger. 1102.
Küstenbild. 750.
Küstenströmung. 784.
Kuff. 757.
Kunstwiesenbau. 670.
Kuppelschleuse. 410.
Kuverdeich. 583.
—wasser. 572, 666.

Ladevorrichtungen. 1006.
—zunge. 998.
Lampenloch. 204.
Landes-Melioration. 622.
Landmarke. 1111.
Landsee. 222.
Landungsbrücke. 331, 1019.
—steg. 1019.
Landungsvorrichtung für Fähren. 333.
Landwind. 725.
Lateralcanal. 396.
Laterne d. Leuchtthürme. 1117.
Laufbrücke. 872.
—rolle der Schleusenthore. 925, 946.
Leerlauf. 110.
Leeseite. 771.
Legehaken. 637.
Leibholz. 760.
Leinenzug. 318.
— mit Relais. 320.
Leinpfad. 318.
— der Schiffahrtscanäle. 423.
Leitdamm. 571, 819.
—, beweglicher. 1091.
— für Häfen. 1085.
Leitfeuer d. Leuchtthürme. 1124.
Leitrolle. 331.
Leitung des Wassers. 95.
Leuchtfeuer. 1110.
-- Benennung derselb. 1121.
Leuchtthürme, Beleuchtungsarten. 1126.
— eiserne. 1126.
— electrisches Licht für — 1118
— Fundamentirung. 1113.
— Lampen der — 1120.
— Laterne der— 1117.
— Brennmaterial für das Licht der —. 1118.
— schwimmende. 1135.
— steinerne. 1112.
Lichtkreis. 1110.
Lieger. 759.
Limnigraph. 277.
Linsen, Fresnel'sche. 1128.
Löffelbagger. 1097.
Log. 289.
Losständer. 366.
Luftauslass. 99.
—hahn. 104.
—ventil. 160.
Luntleine. 481.
Luvseite. 771.

Mahlpeil. 646.
Marktschiff. 312.
Marqueur. 275.
Marsch. 569.
—bildung, Beförderung der —. 800.
Mascaret. 806.
Massenreservoir. 67, 110.
Mast. 756.
Mastenkrahn. 331.
—richter. 331.
Meer. 569, 693.
— Hydrographie. 745.
— Salzgehalt und Temperaturverhältnisse. 741.
Meeresspiegel. 739.
—strömung. 720.
Melioration. 622.
Messbrief. 769.
Metacentrum. 753.
Mittelwasser. 223.
Mönch. 106.
Modul. 293, 672.
Mole. 979, 988, 997.
— Construction. 1036.
Molenkopf. 979.
Monsun. 8, 725.
Monats-Maximum des Wasserverbrauchs. 32.
Moorcanal. 395.
Mudderpflug. 1092.
Mühlgraben. 97.
—weiher. 63.
Muffenverbindung. 154.
Murgang. 538.

Nachbettung. 354.
Nachen. 310.
Nachtmarken. 1112.
Nähe, fliegende. 333.
Nadel. 375.
Nadelwehr. 375.
Nebencanal. 397.
—flüsse, Mündung der—. 237.
—leitung. 103.
—werke. 1108, 1109.
Nehrung. 779.
Nesterpflanzung. 483.
Niederschläge. 644.
Niederschlagsgebiet. 221.
—mengen, durch Flüsse abgeführte. 226.
Niederschraubventil. 161.
Niederwasser. 222.
Nippfluth. 706.
Normalbreite der Flüsse. 450.
— — bei Flusspaltungen. 510.
Normaldimensionen der Schiffahrtscanäle. 403.
Normalprofil. 237, 557.
— — bei Flusspaltungen. 510.
— —breite. 450.
Nothauslass. 177, 216.
Noththor der Siele. 683, 687.

Oberdrempel. 852.
Oberflächenschwimmer. 288.
Ombrometer. 10.

Packwerk, Construction. 484.
— Materialbedarf. 492.
Parallelcanal. 642.
—schleusen. 409.
Parallelwerke. 460.
— allgemeine Anordnung. 469.

Parallelwerke, Construction. 499, 562.
— Vortheile u. Nachtheile. 476
— Wirkung. 473.
Parduhnen. 756.
Passat. 8, 725.
Patent-Log. 287.
— -Spill. 1030.
Pegel. 223, 275.
— Amsterdamer. 272.
— selbstregistrirender. 277.
Pegelstand, mittlerer. 244.
Pegelstandscurve. 223.
Pegeluhr. 277.
Peilapparate, selbstthätige. 274
Peilen. 772.
Peillinie. 273.
- loth. 274.
— stange. 274.
Peilung. 273.
Perimeter. 83, 240.
Pfähle für Regulirungswerke. 481.
Pfahlbuhne. 795.
Pfanne der Schleusenthore. 941.
Pfannenbalken. 894.
Pfeilerrechen. 304.
Pflanzenbildung in Rohrleitungen. 158.
Pflanzungen bei Regulirungswerken. 483.
— an Schiffahrtscanälen. 434.
Pflasterpfahl. 481.
Pflasterung bei Regulirungswerken. 484.
Pitot'sche Röhre. 280.
Plattenketten zur Beseitigung von Baggergut. 1107.
Pluviometer. 10.
Polder. 569.
—pegel. 1141.
Poller. 330, 761.
Ponton. 869.
— für Trockendocks. 1069.
— bei Schleusen. 935.
Prahme zur Beseitigung des Bagerguts. 1103.
— mit Bodenklappen. 1103.
— mit eigener Dampfmaschine. 1105.
— mit Seitenklappen. 1103.
— zum Transport künstlicher Blöcke. 1049.
Prellpfahl. 1030.
Priel. 602, 612, 679.
Privatanschlüsse der Rohrleitungen. 165.
—reservoir. 138.
—rohrleitungen. 143, 160.
Probedruck. 154.
Profilgeschwindigkeit. 245.
— mittlere. 83, 251.
Profil-Parabel. 242.
— -Radius. 83, 242.
Puddle. 71, 436.
Pütt. 613.
Pumpe. 680.
Pumpenbagger. 1097.
—gang. 759.
Pumpsiel. 680, 683.
Pumpstation. 128.
— Betrieb derselben. 163.
— für Baggerschlick. 1107.
— für städtische Entwässerungscanäle. 216.
Pumpwerke für Schiffahrtscanäle. 429.

Quai s. Kai.
Qualmdeich. 583.
—wasser. 572.
Quarantainehäfen. 973, 975.
Quelldeich. 583.
Quellen. 22, 220.
—bach. 220.
— haus 104.
Quellkade. 595.
—wasser. 572.
Quellwasserversorgung, Anlagen für — 104.
— Beispiel einer ausgeführten Anlage. 169.
Querdeich. 615.
Querprofile, günstigste der offenen Leitungen. 85.
— der Flüsse, Aufnahme derselben. 272.
Querschnittsänderungen in Rohrleitungen. 91.
Querschott. 762.

Raasegel. 755.
Raddampfer. 321.
Radialsystem. 115.
Radius, mittlerer. 241.
Rahmholz. 871.
Rammbrunnen. 52.
Ramme für Packwerk. 485.
Rauhwehr. 484.
—, Materialbedarf. 492.
Rausche. 483.
—, Materialbedarf. 492.
Rechenwand. 303, 304.
Reede. 972, 979, 980.
Refractor. 1128.
Regen.
—bach. 220.
—bakke. 65.
—höhe. 10.
—menge. 13.
—messer. 11.
— — Aufstellung der — 12.
—sarg. 65.
Regenwasser-Cysterne. 65, 77.
— — venetianische. 80.
Registerschütz. 956.
Regulirung der Flüsse. 441.
Regulirungs-Project. 457.
— -System, combinirtes. 477.
Regulirungswerke, verschiedene Arten. 458.
— Construction. 492.
— Vortheile u. Nachtheile. 475.
Rehde, s Reede.
Reibholz, schwimmendes. 1031.
Reihenpflanzung. 483.
Reinheit des Wassers, Controle der — 168.
Reinigung des Wassers. 55.
— des Canalwassers. 214.
— des Wassers durch Siebe. 57.
Reinwasser-Reservoir. 66.
Remorqueur. 322.
Reservoire. 32, 63, 663.
— verschiedene Arten. 64.
— eiserne. 77.
— gegrabene. 73.
— gemauerte. 75.
— für Schiffahrtscanäle. 429.
— Stauanlagen der —. 384.
Rheometer. 288.
Revisionsschacht. 200.
Richtfeuer der Leuchtthürme. 1124.
Richtwerk. 460.
Richtungsänderung in Rohrleitungen. 91.
Riegel. 871.
—feld. 880.
Riemen. 330.
Rieselwiese. 675.
Riff. 778.
Rigole. 427.
Rinnstein. 171.
—, abgedeckter. 172.

Röhren.
Röhrendurchmesser. 145.
— — minimaler. 146.
Röhrennetz, Anordnung. 115.
— Entwerfen u. Berechnen. 141.
Röhren-Schwimmdock. 1075.
Rohrbrunnen. 50.
—bruch. 165.
Rohre, Festigkeit. 148.
— Legen. 158.
— Probiren. 154.
— Schutz gegen Oxydation. 157.
Rohrgürtel. 127.
—leitungen. 87, 96, 104.
— — Construction. 148.
Rohrleitungssysteme, grössere. 94.
Rohrnetz. 170.
—schelle. 156, 160.
—verbindungen. 154.
Rollbrücke. 334.
Rost-Dock. 1077.
Ruder. 330.
—pinne. 771.
Rückbruch. 597.
—deich. 570.
Rückenbau. 670.
Rücklage. 485.
Rücklaufreservoir. 132.
Rückstau. 338.
— —deich. 570.
Rüfe. 538.
Runse. 538.
Rutschbahn für Trockendocks. 1068.

Sackcanal. 837.
Sammelbrunnen. 46, 49.
—canal. 43, 52.
— — der Sandfilter. 60.
—drain. 635.
—reservoir. 124.
—rohr. 54.
—stube. 80.
—teich. 36, 63, 67, 73.
Sand. 233.
—bank. 814.
—deich. 611.
—fang. 80, 216.
—feld. 235.
—filter. 59.
—gitter. 304.
—strake. 685, 890.
—ufer. 783.
—welle. 233.
Santorin-Damm. 1040.
Saugbassin. 131.
—drain. 635.
—leitung. 98, 131.
Schaardeich. 570, 599.
Schachtschleuse. 411.
Schale. 542, 548.
Schallsignal. 1135.
Schaudeich. 599.
Schaufelbagger. 1097.
—rad zur Wassermessung. 290
Schauung. 620.
Scheitelstrecke. 396.
— Tracirung der — 417.
Schieber, Druckhöhenverlust durch — 93.
Schiebethor. 869, 935, 938.
Schiebstange. 948.
Schiffahrt, intermittirende. 306.
Schiffahrtsanlagen. 329.
— — zur Ueberwindung starker Gefälle. 307.
Schiffahrtsbetrieb. 318, 329.
— — Kosten desselben. 328.
Schiffahrtscanäle. 310, 391.
— — verschiedene Arten. 394.
— — Bermen. 421.
— — Betrieb. 438.
— — Böschungen. 421.
— — Curven. 407.
— — Dichtung. 435.
— — Erdarbeiten. 423.
— — Kunstbauten. 423.
— — Längenprofil. 407, 420.
— — Normaldimensionen. 403.
— — Querprofil. 420.
— — Schutzwällchen. 422.
— — Sohlenbreite. 405.
— — Speisung. 426.
— — Tracirung. 414, 417.
— — Wasserverbrauch. 411.
Schiffbarmachung d. Flüsse. 441.
Schiffahrtshindernisse, Beseitigung der — 449.
Schiffahrtszeichen. 331, 1108.
— für Flüsse. 519.
— sichtbare, Stellung u. Sichtweite der — 1109.
Schiffsbau-Anstalten. 1060.
Schiffsbuhne, ambulante. 517.
Schiffsdurchlass. 307, 514, 526, 530.
Schiffshalter. 330. 1029.
Schiffsreparaturanstalten. 1064.
Schiffsring. 331, 1028.
Schiffsschleuse (siehe auch Schleuse). 846.
— Anwendung und Lage der verschiedenen Arten. 852.
— Betrieb u. Unterhaltung. 969.
— mit beweglichen Kammern. 334.
— Dimensionen. 858.
— Flügelmauern. 916.
— Fundamentirung. 900.
— Seitenwände. 879.
Schiffswiderstand. 315.
Schiffszug. 317.
Schlafdeich. 570, 599.
Schlaggebinde der Siele. 684.
Schlagsäule. 871.
Schlamm. 233.
—fang. 172, 207.
—kasten. 159.
—sack. 137.
Schlechte. 459.
Schleifbahn. 1076.
Schlenge. 459.
Schleppe. 1080.
— für Schiffe. 1079.
Schlepper. 322.
Schleuse, s. auch Schiffsschleuse.
— mit beweglichen Kammern. 963.
— mit beweglichen Kammern, hydraulische. 336.
Schleusenböden. 877, 909.
— hölzerne. 887.
— steinere. 894, 906.
Schleusenhaupt. 847.
—körper. 861.
Schleusenthore. 848, 866, 919, 926.
— Bewegungsvorrichtungen an —. 946.
— einflügelige 868
— Feststellvorrichtungen. 933, 942.
— Verankerung. 941.
— Zapfen und Pfanne. 941.
Schleusenwände, hölzerne. 903.
— — besondere Constructionen. 909.
Schleusenwärterwohnung. 434. 968.
Schleusenwehr. 363.
— Dimensionen der einzelnen Theile. 372.
Schlick. 233, 742.
—deich. 599.

Schlickfang. 498.
—zaun. 498.
Schlipphaken. 1027.
Schlitten d. Ablaufgerüsts. 1060.
Schlüsselkeil. 892.
Schnellwage, hydraulische. 287.
Schölloch. 594.
Schölung. 594.
Schöpfbuhne. 459, 510.
Schöpfmaschine. 647.
Schöpfwerk. 446.
— für Trockendocks. 1070.
Schooner. 757.
Schoten. 756.
Schraubendampfer. 321.
—dock. 1075.
—spindel für Wehrschütze. 370.
Schrickpfahl. 330.
Schüttels. 678, 686.
Schüttrinne zur Verladung von Steinkohlen. 1015.
Schütz 363, 367.
— Bewegungswiderstand. 375.
— eisernes. 368.
— der Siele. 682.
—leiste. 955.
—öffnung. 872, 951.
— — Berechnung derselb. 886.
—schwelle. 955.
Schurbaum. 330.
Schuttkegel. 538.
—walze. 538.
Schutzbuhne. 459.
— damm. 545.
—deich bei Fluss-Canalisirungen. 533.
—schleuse. 410, 849, 855.
— — bei Fluss-Canalisirungen. 533.
Schweissgraben. 666.
Schwelle. 552.
Schwemmcanal. 213.
Schwimmbaum. 425.
—dock. 979.
Schwimmer. 288.
Schwimmkugel. 288.
—stab. 290.
—thore. 928, 932.
— — Berechnung der — 883.
Schwimmthor des Donaudurchstichs. 507.
See. 220.
Seebau. 775.
Seebebenwelle. 736.
Seedeiche. 598.
Seedeiche, Lage. 601.
— Querprofil. 603.
— Unterhaltung. 616.
Seehäfen. 972.
— Arten u. Benennungen. 975.
Seemarsch. 780.
Seemeile. 694.
Seeschiffahrt. 750.
Seeschiffahrtscanäle. 394, 836.
— — Ausweichestellen. 840.
— — Querprofil. 839.
— — Süsswasserstationen. 840.
Seeschiffe, Vermessung derselben. 768.
Seeuferbau. 786.
Seeuferdeckung. 789.
Seeuferschutzwerke, mit dem Ufer parallele. 789.
— vorspringende. 793.
Seewind 725.
Seezeichen. 1108.
— hörbare. 1135.
— schwimmende. 1133.
— schwimmende, hörbare. 1140.
Segel. 329.
—centrum. 753.
—handbuch 773.
Seilebenen, Transport der Schiffe auf — 334.
—scheiben auf Leinpfaden. 331.
—schleppschiffahrt. 324.
Seitenbassin. 960.
— mit Schwimmer. 961.
Seitencanäle. 396.
— bei Flusscanalisirungen. 532.
— zur Umgehung von Flussschnellen. 513.
Seitengewässer, Einmündung derselben. 565.
Selbstreinigung der Flüsse. 56.
Senkfaschine. 489.
— continuirliche. 490.
— Materialbedarf. 492.
—kasten. 497.
—kisten für Hafendämme. 1039.
—korb. 491.
Separationswerk. 459, 502.
Serpentine. 236.
Serpentiniren der Flüsse. 448.
Setzpfosten. 366.
Sicherheitsthor. 433.
Sickercanal. 43.
Siderallicht. 1129.
Siele. 677.
— bedeckte. 680.
Siele, Construction im Allgemeinen. 680.
— hölzerne. 684.
— massive, bedeckte. 686.
— Thore der —. 689.
— Weite und Höhenlage. 1141.
Sielacht. 692.
—klappe. 684.
—verband. 692.
—zug. 1141.
Signale der Schleusen. 967.
Signalvorrichtungen der Schiffahrtscanäle. 435.
— — der Reservoire. 80.
Sinklage. 486.
— Materialbedarf. 492.
Sinkstoffe. 231, 652.
— Festlegung der — 446.
— der Gebirgsflüsse. 551.
Sinkstoffablagerung in Seen. 564.
— —bank. 552.
— —schwelle. 455.
Sinkstück. 486.
— Materialbedarf. 492.
Sinkwalze. 490, 562.
Siphon. 103.
Sirene. 1139.
Sohle, Fluss — 231.
Sohlengefälle. 225.
—hacke. 637.
—stück. 191.
Sommerdeich. 569, 599, 611.
Sommerdeich-Siel. 689.
Sommerhafen. 514.
—leinpfad. 523.
—pegel. 276.
—wasserstand. 222.
Spannbalken. 891.
Spannbohle. 894.
Spant. 759.
Sparren der Fischpässe. 535.
Speckdamm. 613.
Speisebassin. 429.
—graben. 427.
Speisung der Schiffahrtscanäle. 426.
Sperrbuhne. 459.
Sperrschiff des Donau-Durchstichs. 507.
Sperrschleuse. 849.
Spickdamm. 459.
Spiegel an Stauwerken. 304.
Spiegelschleuse. 304.
Spieren-Tonne. 1133.
Spill. 761.

Spindel. 304.
—baum. 304.
—thor. 959.
Sprengarbeit unter Wasser. 517.
Sprengen der Leinpferde. 321.
Springbrunnen. 30, 145.
Springfluth. 706.
Spreutlage. 483.
— Materialbedarf. 492.
Spreutlagenpfahl. 481.
Spülbassin. 1087.
—brunnen. 206.
—einlass. 206.
—floss. 1091.
—schleuse. 1087.
— — bei Stauwerken. 341.
—vorrichtung. 951.
— — selbstthätige. 205.
—thür. 205.
Spülung städtischer Entwässerungscanäle. 204.
— der Häfen. 1086.
Spundwände bei Kaimauern. 1055.
— der Schleusen. 888, 896.
— der Siele. 682, 688.
— bei hölzernen Wehren. 353.
Stab, hydrometrischer. 290.
Stack. 459.
Ständersiel. 684.
Stammleitung. 142.
Standrohr. 25, 132.
Stapelhelling. 1061.
—klotz. 1060.
Stau, Theorie desselben. 341.
Stauanlagen bei Flusscanalisirungen. 520, 524.
Stauberieselung. 668.
—curve. 340.
—höhe. 340, 524.
Stauschleuse. 352, 663.
— schiffbare. 308, 395, 514.
Stauschwelle. 354.
—weite. 340, 347, 524.
Stauwerke. 337, 662.
— verschiedene Arten. 351.
— Wirkung der —. 339.
Stauziel. 662.
Steigeleiter. 919.
Steigleitung. 98.
Steinböschung. 610.
—buhne. 497.
—zange. 1098, 1103.
Stemmthore. 408, 868.
— Berechnung der —. 880.
Stemmthore der Siele. 683.
Stenge. 756.
Steuerbord. 771.
—ruder. 753.
Stichbrücke. 354.
—canal. 397.
Stielbagger. 1094, 1097.
Stopfpfahl. 1029.
Strand. 729.
—buhne. 793.
Strassen-Brunnen. 115.
— -Einlauf. 208.
Strauchzaun. 798.
Streben hölzerner Schleusenthore. 920.
Strecke, unterirdische der Schifffahrtscanäle. 424.
Streichlinie. 452.
—ruder. 302, 330.
—wehr. 339.
—werk. 460.
Strohbestickung. 608.
Strom.
Strombetten, Veränderung und Ausbildung der —. 234.
Strombruch. 596, 617.
Stromcorrection im Fluthgebiete. 801, 817.
— — Beispiele. 823.
Ströme, Bewegung des Wassers in denselben. 240.
— allgemeine Eigenschaften. 220.
Strömung. 225.
Strom-Integrator. 290.
Stromkarte. 268.
—kratzmaschine. 517, 1092.
—profil, ideales. 237.
—quadrant. 290.
Stromregulirung s. Stromcorrection.
—rinne. 226.
—schnelle. 233.
—spaltung. 237.
—strich. 225, 556.
Stufenwehr. 356, 358, 360.
Stunden-Maximum des Wasserverbrauchs. 32.
Sturmdeich. 599.
—fluth. 731.
—thore. 683, 687.
—signal. 1112.
Sturzbett. 354.
— für Coupirungen. 502.
— der Spülschleusen. 1089.
Sturzsee. 698.
Sturzvorrichtung. 1006.
Suterasi. 141.

Tachometer. 279.
Tagesmarken. 1111.
Tages-Maximum des Wasserverbrauchs. 32.
Tauerei. 324.
Tauwerk. 757.
Teich. 222.
Telescop-Brunnen. 49.
Thalsperren. 541.
— Construction. 546.
Thalweg. 225.
Theilkasten. 117.
Thonröhren. 192.
Thonröhren-Canäle. 198.
Thonschlag. 71, 436.
Thore der Siele. 682, 689.
Thoranschlag. 893.
—gerippe. 920.
—kammer. 848.
— — der Siele. 685.
— —nische. 848.
—säule. 851.
—schütz. 953.
—ständer. 905.
Tide. 706.
—hafen. 976, 979.
—strömung. 712.
Tiefe, mittlere hydraulische. 83, 241.
Tiefenmessung. 272.
—schwimmer. 279.
Tiefgang der Canalschiffe, normaler. 403.
— der Flusschiffe. 528.
Tiefung. 236.
Tonne. 1133.
Tracirung der Schiffahrtscanäle, generelle. 414.
— — specielle. 417.
Tragetau für Sinkstücke. 488.
Trajectanstalt. 331.
Traverse. 498.
Treckschuite. 312, 919.
Treibbake. 1133.
—eis. 239.
Treiben der Schiffe. 318.
Treibschütz. 940.
Treideln. 319.
Treidelweg. 320.
Trennungsbuhne. 459, 510.
Treppen, bewegliche. 1020.

Treppen der Schleusen. 918.
Triften. 301.
Triftklause. 390.
—rechen. 304.
—steg. 304.
—strömung. 722.
Trockendock. 979, 1066, 1080.
— Construction. 1066.
— Fundirung. 1071.
Trommelwehr. 384.
Trompetengewölbe. 199.

Udometer. 10.
Ueberfall zum Wassermessen. 293.
Ueberfalldeich. 584.
Ueberfallswehr. 339, 354.
— — Berechnung der Anstauung. 341.
— — bei Flusscanalisirungen. 529.
Ueberlauf. 110.
— der Hochreservoire. 137.
—deich. 584, 611.
—strecke. 586.
Ueberschiebmuffe. 156.
Ueberschlagen der Leinpferde. 321.
Ueberschwemmungen. 229.
Ufer. 231.
— der Flüsse, Befestigung derselben. 444.
— der Häfen, Form und Ausrüstung. 996.
—abbruch. 460.
—bau. 775.
Uferdeckwerke. 459.
— — allgemeine Anordnung. 460.
— — Construction. 492.
Uferdeich. 599.
Ufereinfassung, durchbrochene. 988.
— — aus eisernen Pfählen. 1053.
— — hölzerne. 1052.
Uferlinie. 445.
Ufermauer. 1051.
— — Ausführung. 1057.
Uferpfeiler der Wehre. 353.
—schälungen bei Sielen. 681.
—schutz. 445.
Umfang, benetzter. 83, 240.
Umfangscanal. 641.
Umfangshölzer der Schleusenthore. 922.
Umgehungscanal. 396, 530.
Umlauf. 872.
—canal. 951.
Unterhaltung der Flusscanalisirungen. 536.
— der Flussregulirungen. 518.
— der Schiffahrtscanäle 440.
Unterleitung. 425, 667.
Untiefe. 235.

Veencanal. 395.
Ventilationsschacht. 212.
—thürmchen. 103.
Ventilhahn. 161.
—verschluss bei Umlaufcanälen. 955.
Verästelungssystem. 116.
Verankerung der Schleusenthore. 941.
Verbindungscanal. 396, 837.
Verdunstung. 6, 19.
— bei Schiffahrtscanälen. 413.
Verdunstungsmesser. 19.
Verflachung der Häfen. 1080.
Verlaat. 678, 686.
Verkammelung. 422.
Versandung der Häfen. 1082.
Verschanzung. 760.
Versickerung. 6, 18.
— bei Schiffahrtscanälen. 412.
Versumpfung. 445.
Vertheilung des Wassers. 107.
— — bei Bewässerungsanlagen. 672.
Vertheilungs-Reservoir. 68.
Verticalgeschwindigkeits-Curve. 246.
— —gesetz. 245.
Vertiefung der Häfen. 1083.
Viscosität des Wassers. 244.
Vorbettung. 353.
Vorboden. 903.
Vorbusen. 645.
Vordersteven. 759.
Vordüne. 797.
Vorfluth. 442.
Vorgrund. 563.
Vorhafen. 851, 976, 979, 990.
Vorhelling. 1062.
Vorlage. 485.
Vorland. 559, 602.
Vorschleuse. 849.

Wägerung. 759.
Wanddicke der Rohre. 150.
Wangen der Wehre. 353.
Wanten. 756.
Wasser, Entnahme. 36.
— Kreislauf. 5.
— Qualität. 34.
Wasserabnahme in Flüssen. 228.
—consum. 111.
—dichtigkeit. 71.
— — bei Trockendocks. 1072.
Wasserfahne. 288.
—geschwindigkeit in Rohrleitungen. 147.
—gewinnung. 42.
—hebel. 288.
—hebung. 665.
—kammer. 105.
—Wasserleitung. 83.
— — bedeckte. 96, 100.
— — für Wasserversorgung. 98.
Wasserlöse. 431.
Wassermenge der Flüsse. 226, 243.
— — mittlere. 244.
Wassermengencurve. 243.
— — -Curve der Flüsse. 453.
— — -Gesetz. 243.
— — -Messung s. Consumtionsmessung.
— — -Messung im Fluthgebiet. 810.
— — -Parabel. 243.
— — -Regulator. 133.
Wassermessen. 291.
—messer. 166.
—pass. 604.
—-Perimeter. 83, 87, 240.
—scheide. 221.
—schloss. 104.
—schöpfmaschine. 647.
—spiegellinie. 240, 222, 557.
Wasserstands-Beobachtung. 223, 275.
— — -Curve. 223.
— — -Register. 278.
Wasserstollen. 54.
—strassen. 298.
— — künstliche, 307.
Wasserstube. 304.
Wassertiefe, mittlere. 241.
— der Schiffahrtscanäle. 403.
Wasserthurm. 132.
Wasserverbrauch. 26, 29, 30.
— — der Canalschleusen. 411.
— — Messung desselb. 163.
— — d. Schiffahrtscanäle. 411.

Wasserverkehr. 298.
—verlust. 164.
—verschluss. 207, 210.
—verschwendung. 114, 166.
Wasserversorgung.
— Aufspeicherung des Wassers. 63.
— Entnahme des Wassers. 36.
— Gewinnung d. Wassers. 42.
— Kosten. 169.
— Qualität des Wassers. 34.
— Reinigung des Wassers. 55.
— Rohrleitungen. 148.
— Vertheilung d. Wassers. 107.
— Vorarbeiten. 39.
— Zuführung d. Wassers. 98.
Wasserwerk f. grössere Städte. 124.
Wasserwerksbetrieb. 162.
Wasserzoll. 292.
Wasserzüge, Unterhaltung derselben. 624.
Watercloset. 210.
Watt. 781.
— Vegetation auf demselb. 781.
Wechselfeuer d. Leuchtthürme. 1122.
Wehre. 339, 662, 668.
— bewegliche, der Flusscanalisirungen. 527.
— feste, d. Flusscanalisirungen. 527.
— feste, hölzerne. 352.
— bei Flusscanalisirungen, Lage derselb. 533.
— aus Holz und Steinen zusammengesetzt. 357.
— selbstwirkende. 380, 382.
— steinerne. 358.
Wehrkörper. 352.
—rippe. 378.
—trommel. 384.
Wellen. 222.
— Anlaufen der —. 698.
— Entstehung der —. 695.
— Form, Tiefe und Geschwindigkeit. 696.
— Kreuzung u. Durchdringung. 697.
— Stosskraft. 701, 1031.
Wellenberg. 695.
Wellenbrecher. 979, 982.
— — Construction. 1035.
— — schwimmende. 983.
Wellenthal. 695.
Wellentheorie. 702.
Wendenische. 848, 908.
Wendesäule. 871.
Werkcanal. 97.
Wettern. 677.
Widerlager der Wehre. 353.
Widerstandscoefficienten. 88, 89.
Widerstandshöhe. 88.
Wiede. 302.
Wiege d. Ablaufgerüsts. 1060.
Wiegeschleuse. 438.
Wieke. 434.
Wierdeich. 609.
Wiesenbau, rationeller. 670.
Wildbäche. 220.
— Verbauung der —. 538.
Wind, Messung, Benennung u. Darstellung. 736.
— Ursachen u. Erscheinungen. 724.
Winddrucksumme. 739.
Winde, hydraulische. 951.
Windkessel. 133.
Windtrichter. 799.
Winkbake. 1112.
Winterhafen. 514, 975.
—deich. 569, 599.
—pegel. 276.
Wippenband. 480.
Wirbelsturm. 729.
Wittine. 303.
Woltmann'scher Flügel. 282.
Woog. 235.
Würgekette. 489.
Wuhr. 459.
Wurst. 482.
—bank. 482.
—baum. 489.
—rost. 486.
Wurth. 600.
Wurzel der Buhne. 465, 494.

Zähflüssigkeit des Wassers. 83.
Zahnstange für Wehrschütze. 370.
Zapfen d. Schleusenthore. 941.
Zapfenplatte. 943.
Zengelstange. 301.
Zille. 303.
Zimmerung, tunnelartige für Entwässerungscanäle. 196.
Zubringer. 427.
Zuführung d. Wassers f. städt. Wasserversorgungen. 98.
Zufluchtshafen. 973, 975.
Zuflussgebiet. 221.
Zuggraben. 626.
—schütz. 954.
—stange der hölzernen Schleusenthore. 922.
Zuleitungscanal. 665.
Zungen der Fischpässe. 535.
Zungenkai. 1001.
—mole. 998.
Zweigcanal. 397, 434.
Zweigleitung bei Entwässerungscanälen. 201.
Zwillingsschleuse. 409.
Zwischenbrunnen. 81.
—-Reservoir. 68.

Druck von Rud. Bechtold & Comp. in Wiesbaden.

Im Verlage von **Wilh. Engelmann** in Leipzig erscheint:

HANDBUCH
der
INGENIEURWISSENSCHAFTEN
in vier Bänden.

Erster Band:

Vorarbeiten, Erd- und Strassenbau, Tunnel- und Grundbau.

Zur Ergänzung des Handbuchs für specielle Eisenbahn-Technik

herausgegeben von

Edmund Heusinger von Waldegg,

Oberingenieur in Hannover und Redacteur des technischen Organs des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

ca. 60 Bogen Text, 250 Figuren in Holzschnitt und 50 Tafeln.

Zweiter Band:

Der Brückenbau.

Herausgegeben von

Dr. Th. Schäffer, Professor am Polytechnikum zu Darmstadt und **Ed. Sonne,** Baurath, Professor am Polytechnikum zu Darmstadt.

ca. 60 Bogen Text, 250 Figuren in Holzschnitt und 60 Tafeln.

Dritter Band:

Der Wasserbau.

Herausgegeben von

L. Franzius, Oberbaudirector in Bremen und **Ed. Sonne,** Baurath, Professor am Polytechnikum zu Darmstadt.

73 Bogen Text, 325 Figuren in Holzschnitt und 68 Tafeln.

Vierter Band:

Die Baumaschinen.

Herausgegeben von

L. Franzius, Oberbaudirector in Bremen und **F. Lincke,** Professor am Polytechnikum zu Darmstadt.

ca. 45 Bogen Text, 180 Figuren in Holzschnitt und 35 Tafeln.

Bisher erschienen:

I. Band. 1. Hälfte. Bogen 1—26, 72 Figuren in Holzschnitt und Tafel I—XV. — Lex.-8. 1877. br. 14 ℳ.
III. Band. Mit 325 Figuren in Holzschnitt und einem **Atlas** von 68 Tafeln. — Lex.-8. 1879. br. 50 ℳ.
I. Band. 2. Hälfte erscheint im Sommer, II. Band. 1. Abtheilung im Herbst 1879, II. Band. 2. Abtheilung und IV. Band im Jahre 1880.

Elementare Theorie des Erddrucks
und Berechnung der Stützmauern

von

Franz Kreuter,

Professor in Brünn.

Mit 1 lithographirten Tafel.
gr. 8. 1877. br. 1,50 ℳ.

Technologische Studien
im Sächsischen Erzgebirge

von

Hugo Fischer,

Privatdocent am Polytechnikum zu Dresden.

Mit einem Vorwort von Professor **E. Hartig** und 17 Tafeln in Lichtdruck. gr. 8. 1878. br. 6 ℳ.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bubendey, Johann Friedrich, 1848-1919 / Bubendey, Johann Friedrich, / Gerhardt, Paul

Der Wasserbau

Bd.: [1,2]

Leipzig 1879

A.hydr. 47 z-3,1,2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11385449-7